



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

METODOLOGIE SIX SIGMA V PRŮMYSLU

SIX SIGMA METHODOLOGY IN INDUSTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Kubíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Jan Kubíček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Metodologie Six Sigma v průmyslu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je vytvářena ve spolupráci s firmou Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.. Tato firma se zabývá výrobou, servisem a poskytováním služeb v širokém spektru průmyslové výroby. Firma klade velký důraz na zvyšování kvality svých služeb. Součástí této aktivity je také rozvoj a aplikace metodologie Six Sigma. Bakalářská práce je zaměřena právě na tuto oblast.

Cíle bakalářské práce:

Pojednejte obecně o strategii Six Sigma.

Rozeberte metodologii Six Sigma z hlediska její historie, vývoje a využití.

Popište podstatu metodik implementace metodologie Six Sigma a zaměřte se na metodu DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control).

Skutečnosti z předchozích bodů rozeberte konkrétně u firmy Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.

Seznam doporučené literatury:

GEORGE, Michael L. Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a complexity. Brno: SC&C Partner, 2010. 280 s. ISBN 978-80-904099-2-7.

GEORGE, Michael L. Co je Lean Six Sigma? Brno: SC&C Partner, 2005. 95 s. ISBN 9788023951721.

MILLER, Ivan. Kapesní příručka Six Sigma. 2. vyd. Praha: Interquality, spol. s.r.o., 2011. 148 s. ISBN 978-80-902770-7-6.

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 25. 10. 2018



doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá popisem metodologie Six Sigma. Je popsáno obecné pojednání o metodologii Six Sigma a o její historii a využití. V rámci této práce je popsán nejpoužívanější cyklus aplikace Six Sigma projektu DMAIC společně s nástroji, které se v jednotlivých fázích mohou vyskytnout. V práci je pojednáno o programu Six Sigma ve společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.

ABSTRACT

This bachelor's thesis describes Six Sigma methodology. Six sigma is described generally and includes parts about its history and usage. The most used Six Sigma application cycle DMAIC is introduced together with tools that can be used in its phases. Thesis provides a description of Six Sigma program at Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.

KLÍČOVÁ SLOVA

Six Sigma, metodologie Lean Six Sigma, implementace metodologie Six Sigma, metoda TQM, metoda DMAIC, nástroje kvality

KEYWORDS

Six Sigma, Lean Six Sigma methodology, Six Sigma methodology implementation, TQM method, DMAIC method, quality tools

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUBÍČEK, J. *Metodologie Six Sigma v průmyslu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 56 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloš Hammer, CSc.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu doc. Ing. Miloši Hammerovi, CSc. za jeho připomínky a rady, které mi umožnily napsat tuto bakalářskou práci. Dále bych rád poděkoval společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o, že mi umožnila vypracování bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miloše Hammera, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2019

.....
Kubíček Jan

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	17
3	STRATEGIE SIX SIGMA	19
4	METODOLOGIE SIX SIGMA Z HLEDISKA JEJÍ HISTORIE.....	21
4.1	Vývoj Six sigma.....	21
4.2	Využití Six Sigma	21
5	METODIKY IMPLEMENTACE SIX SIGMA.....	23
5.1	Rozdělení metod Define-Measure-Analyze-Design-Verify a Define-Measure-Analyze-Improve-Control a jejich použití.....	24
5.2	DMAIC (Define Measure Analyze Improve Control).....	25
5.2.1	Define (Definování).....	25
5.2.2	Measure (Měření)	30
5.2.3	Analyse (Analyzování)	36
5.2.4	Improve (Zlepšování)	39
5.2.5	Control (Řízení).....	41
6	SIX SIGMA VE FIRMĚ SANMINA-SCI CZECH REPUBLIC S.R.O.....	43
7	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	49
8	ZÁVĚR.....	51
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
10	SEZNAM ZKRATEK, TABULEK A OBRÁZKŮ	55
10.1	Seznam zkratk	55
10.2	Seznam tabulek	56
10.3	Seznam obrázků.....	56

1 ÚVOD

V dnešní době již není nutnost zdůrazňovat, jak velká konkurence existuje mezi firmami v odvětvích všeho druhu. Výrobní firmy, firmy poskytující služby, soukromé nebo státní, technického zaměření, administrativního zaměření, z potravinářského průmyslu, automotive, zdravotnictví, nemají snadnou pozici uspět na dnešním trhu. Zákazník má mnoho možností k výběru dodavatele z tuzemska nebo zahraničí, a proto žádná firma nemá jistou budoucnost. Firmy se musí soustavně snažit o dodávání očekávané kvality za přiměřené vynaložení nákladů, zaměřit se na potřeby zákazníků, reagovat pružně na změny jejich požadavků a současně se soustředit na efektivitu vnitřních procesů.

Metodologie Six Sigma je jedna z metodologií, která pomáhá firmám zaměřit se na výše zmiňované oblasti. Bude vysvětleno, že Six Sigma není jediná metodologie, kterou mají firmy k dispozici ke zlepšování procesů a že metodologie Six Sigma využívá dalších nástrojů, již dříve používaných, osvědčených a spíše udává koncept jejich použití, proto ji nazýváme metodologií.

Bakalářská práce představuje metodologii Six Sigma, její vznik, vývoj, využití a popisuje program, který je nastaven ve společnosti Sanmina Corporation a současně platí i pro brněnskou pobočku Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o. Práce je zaměřena na aplikaci metodologie Six Sigma za použití definovaného cyklu a popisu jeho jednotlivých fází, včetně nástrojů vhodných k použití.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Metodologie Six Sigma není jediný nástroj, který firmám může pomáhat k dosažení lepších finančních výsledků, lepší kvality produktů a spokojenosti zákazníků. V podstatě, firmy potřebují odstraňovat ze svých procesů plýtvání a podávat stabilně dobrý výkon bez odchylek, respektive variací. Co je tedy v dnešní době k dispozici?

Nejjednodušší formou rozhodování a řízení, která je velice často zmiňována a vybízena k použití je „zdravý rozum“.

*„Výraz zdravý rozum (či prostý rozum atd.) se v češtině používá jako ekvivalent latinského výrazu *sensus communis*, tj. obecné smýšlení (řecky κοινή αἴσθησις *koiné aisthesis*, angl. *common sense*, fr. *bon sens*), označující filosofický princip počítající s rozumem (smýšlením), vycházející z praktických soudů a hodnocení, postavených na empirii (zkušenosti). Tento soud musí být bez vlivu vědomostí a znalostí získaných studiem či školním vzděláním a který je přirozený všem lidem. Má však sklon k zjednodušování, schematismu a dogmatismu, jelikož není podložen kritickým myšlením. Je naopak ovlivněn prostředím, ve kterém jsme žili a žijeme – výchovu, školou, prací, přáteli, médii, která pravidelně odebíráme“.* [6]

Z popisu výše ovšem vyplývá, že využití zdravého rozumu má mnoho úskalí, které jej mohou ovlivnit a je jisté, že každý jedinec by se mohl rozhodovat jiným způsobem a mohlo by docházet k velkým rozdílům. Přestože je zdravý rozum často zmiňován a je na něj odkazováno v mnoha situacích, kdy je třeba se rozhodnout, považují ho za rizikový a neřízený způsob dosahování kvality a efektivity procesů, proto bych se posunul od tohoto extrémního případu trochu dál, k standardizovanějším formám řízení.

ISO9001 je univerzální norma, která je aplikovatelná do všech odvětví výroby a poskytování služeb. Aplikace normy ISO9001 zaručuje, že firma bude ctít určité zásady, vyhodnocovat rizika, definovat procesy, určovat jim vlastníky, plánovat, nastavovat cíle, měřit, ověřovat shodu, definovat nápravná opatření, pružně reagovat na změny požadavků zákazníků, neustále se zlepšovat a další. Implementace standardu ISO9001 neslouží jen jako ujištění zákazníků, že firma ctí tyto zásady, ale má přínosy i pro firmu samotnou:

- Stálé udržení vysoké úrovně procesů schopnosti dodávat kvalitní výstup,
- možnost optimalizovat náklady – snížením nákladů na nekvalitní výrobky, úspora zdrojů,
- zisk nových zákazníků,
- zvýšení výkonosti firmy,
- a další. [7]

Norma však nenařizuje použití konkrétních nástrojů a úroveň plnění požadavků. Norma určuje jednotlivé kroky postupů. Dodržováním těchto postupů se tvoří kvalita a dodržování postupů je kontrolováno systémem auditů. [7]

Další metoda používaná k vylepšování procesů je metoda Lean, používaná pro tzv. zeštíhlování výroby. Dnes však principy Lean nejsou použity jen ve výrobě, ale ve všech typech podnikání. Principy Lean jsou zaměřeny na vyhledávání činností nepřidávající hodnotu zákazníkům, k hledání plýtvání v procesech, jejich eliminaci, redukci nákladů bez negativního vlivu na dodávanou kvalitu produktu či služby. Přínosy Leanu jsou kratší výrobní časy, více místa, méně lidské práce a samozřejmě vyšší zisk. Nejčastější nástroje metody Lean jsou:

- Kaizen,
- 5S,
- 5x proč,
- mapy hodnotového toku (Value Stream Map).

Aplikace principů Lean se vyznačuje rychlou a údernou změnou. Lean se soustředí na malé přírůstkové změny s filozofií, že několik malých změn kumuluje komplexní zlepšení.

Další možností zvyšování kvality a konkurenceschopnosti je metoda TQM (Total Quality Management). Jak již z názvů vyplývá, jedná se o metodu řízení, kde jde o totální, respektive úplné zapojení všech zaměstnanců o dodržování všech principů kvality a prolínání těchto principů všemi manažerskými úrovněmi.

Hlavní myšlenkou TQM bylo použití principu PDCA (Plan, Do, Check, Act) a sedm základních nástrojů kvality:

- Diagram příčin a následků,
- kontrolní tabulka,
- histogram,
- Paretův diagram,
- korelační diagram,
- vývojový diagram,
- regulační diagram.

TQM bylo pojato v různých zemích různě, v závislosti na daných podmínkách, např. technických, sociálních, legislativních atd. Nejvíce se tato metoda uchytila v Japonsku. Přestože TQM nedosáhlo takového úspěchu, jako metodologie Six Sigma, stalo se pro Six Sigma základem a některé TQM principy stále žijí.

Jaké byly slabiny TQM a v čem je lepší Six Sigma:

- TQM: malá integrace, kvalita bývala okrajovou záležitostí, separace oddělení kvality, rozhodování směřováno na vytvořené týmy; SIX SIGMA: zapojuje do rozhodování operační manažery, jakou součást každodenní rutiny,
- TQM: ochota managementu podporovat ideál kvality nebyla příliš silná; SIX SIGMA: silná podpora vrcholového managementu,
- TQM: nejasný koncept; SIX SIGMA: jasná a výstižná definice,
- TQM: přísné dodržování postupů aplikovat kvalitu, absolvování školení; SIX SIGMA: více možností k dosažení kvality,
- TQM: neefektivní školení; SIX SIGMA: víceúrovňové školení (Green Belt, Black Belt, ...),
- TQM: soustředění pouze na kvalitu produktu; SIX SIGMA: zaměření na všechny výrobní procesy.

Z výše uvedeného přehledu by se nabízelo naznačit, že SIX SIGMA si bere to dobré od zmiňovaných nástrojů a integruje je do jednoho konceptu. [2], [4], [5]

3 STRATEGIE SIX SIGMA

V literatuře existuje více definic popisujících, co metodologie Six Sigma znamená. Na následujících řádcích je definice, která se zdá být všezahrnující a nejvýstižnější:

„Metoda Six Sigma je úplný a flexibilní systém dosahování, udržování a maximalizace obchodního úspěchu. Six Sigma je zejména založena na porozumění potřeb a očekávání zákazníků, disciplinovaném používání faktů, dat a statistické analýzy a na základě pečlivého přístupu k řízení, zlepšování a vytváření nových obchodních, výrobních a obslužných procesů“.
[5]

V porovnání s principy LEAN, kde se veškeré aktivity zaměřují na zkoumání procesních toků, plýtvání a činnosti mající nebo nemající přidanou hodnotu pro zákazníka a společnost, se Six Sigma zaměřuje na kvalitu výstupu, a to co kvalitu ovlivňuje. Využívá matematických a statistických nástrojů a zaměřuje se na variabilitu výstupu, který označuje písmenem Y. Písmenem X nazývá vše, co výstup Y ovlivňuje. Z toho plyne závislost $Y=f(X)$.

Jednotlivá x jsou definovaná jako vstupy do procesů nebo části procesů, které mají na výstupy y dopad.

Obě metody však mají i podobné znaky, a to jsou zaměření na požadavky zákazníků, intenzivní zapojení managementu, užívání nástrojů, zapojení zaměstnanců a široké využití.

Za zmínku stojí osvětlení významu názvu Six Sigma. “Sigma”, řecké písmeno, se používá ve statistice jako symbol k vyjádření standardní odchylky. “Six” v tomto případě znamená, kolikrát se standardní odchylka vleze do tolerance určené zákazníkem.

Pro lepší představu lze úroveň Six Sigma přepočítat na DPMO (Defects per Million Opportunities), počet vad na milion příležitostí nebo do procentuální výtěžnosti, nazývanou anglicky *Yield*. Podrobnosti jsou v Tab 1. [5]

Tab 1) Převod Sigma na DPMO a Yield

Sigma	DPMO	Yield [%]
6	3,4	99,99966
5	240	99,977
4	6210	99,38
3	66800	93,32
2	308000	69,15
1	690000	30,85

4 METODOLOGIE SIX SIGMA Z HLEDISKA JEJÍ HISTORIE

4.1 Vývoj Six sigma

Historie Six Sigma sahá do 70. let 20. století, kdy japonští vlastníci převzali provoz společnosti Motorola zabývající se výrobou televizorů. Provoz produkoval velice nekvalitní výrobky a z toho důvodu si vlastníci dali za cíl zvýšit kvalitu produkce, snížit náklady, ale za použití stejné technologie, stávajících dělníků a procesů. [5]

Trvalo to do roku 1986, kdy Bill Smith poprvé formuloval metodologii Six Sigma. TQM pomalu ustupovalo a paralelně se Six Sigmou se na začátku 90. let 20. století objevuje koncept štíhlé výroby, Lean. Obě dvě metody již byly popsány, a přestože mají odlišné zaměření, je známo, že cíle těchto iniciativ jsou podobné. [5]

Od počátku 21. století se datuje Lean Six Sigma. Jak už název napovídá, jedná se o spojení metodologie Six Sigma s Lean principy, čímž bylo zaručeno komplexní zaměření zlepšovateckých projektů na kvalitu, respektive variabilitu výstupu a identifikaci plýtvání. V tab 2 je znázorněn vývoj Six Sigmy. [5]

Tab 2) Vývoj Six Sigma

1980	1990	2000	2010
TQM			
	Six Sigma		
	Lean	Lean Six Sigma	

Jelikož Lean Six Sigma využívá koncept Six Sigmy, práce bude dále pojednávat o Six Sigmě a případně bude uvedeno, že popisovaný nástroj spadá do oblasti Lean. [4]

Existovaly i další firmy kromě Motoroly, které hrály významnou roli v rozšiřování Six Sigmy, např. General Electric, Allied Signal, nyní Honeywell. [5]

4.2 Využití Six Sigma

Původní záměr využití metodologie Six Sigma byla masová výroba. Pro její univerzálnost se však velmi brzy rozšířila do všech typů podnikání. Už bylo zmíněno, že její zaměření je na redukci variability výstupu, a tím zvyšování kvality výstupu. V širším pojetí má Six Sigma mnohem rozsáhlejší přínos.

Six Sigma zabezpečuje trvalý úspěch. Trh se rychle mění. Potřeby zákazníků se vyvíjí a co funguje v businessu dnes, nemusí fungovat zítra. Proto je třeba nepřetržitá inovace a reorganizace, a to nabízí Six Sigma.

Six Sigma stanovuje výkonnostní cíle. Vytváří jasně definované cíle. Pomáhá porozumět požadavkům zákazníků a dovoluje porovnat výkonnost procesů jasně definovanou metrikou 3.4 vady na milion příležitostí, respektive 99,9997 % kvality.

Six Sigma pozvedá význam zákazníka. Six Sigma věnuje zvláštní pozornost studii potřeb zákazníků, snaží se porozumět, co je pro ně důležité a jak jim, nebo potencionálním

zákazníkům, svůj bezvadný produkt doručit. Není pouze úmyslem vyrábět bezvadný produkt, ale je důležité vědět, zdali má u zákazníka využití.

Six Sigma udává tempo zlepšování. Six Sigma obsahuje spousty nástrojů a technik zaručujících neustálý vývoj výkonnosti procesů. Vždyť firma, která se zlepšuje nejrychleji, vyhrává.

Six Sigma propaguje vzdělávání. Six Sigma odstartovala zrod tzv. učících se organizací (*learning organizations*). Tato metoda zajišťuje vzdělávání zaměstnanců na denní bázi. Zajišťuje sdílení nejlepších praktik, tzv. „best practices“ uvnitř firmy, mezi odděleními a pobočkami.

Six Sigma pomáhá uskutečnit strategické změny. Změny požadavků zákazníků, nástup nových produktů a služeb, potřeba změn nebo přizpůsobení, to vše Six Sigma bere v úvahu. [5]

5 METODIKY IMPLEMENTACE SIX SIGMA

V následujících kapitolách se zaměříme na samotné aplikování metodiky Six Sigma. Je známo, že Six Sigma udává metodologický postup k dosažení menší variability výstupu zaměřením se na elementy, které mohou výstup ovlivnit, jako jsou vstupy do procesu a některé součásti procesů.

Klíčová Six Sigma metoda její aplikace je model DMAIC, který je podrobně rozebrán v další kapitole. Zkratka je odvozena od názvů jednotlivých fází a používá se pro zlepšení existujícího procesu:

- DMAIC - počáteční písmena anglického názvu Define, Measure, Analyze, Improve, Control.

Metoda vychází z cyklu PDCA (Plan, Do, Control, Act), se kterým se setkáváme v obecném projektovém managementu nebo PDSA (Plan, Do, Study, Act), který je zaměřen na proces zlepšování.

Další tradiční Six Sigma metoda DMADV se používá při tvorbě nového procesu:

- DMADV - počáteční písmena anglického názvu Define, Measure, Analyze, Design, Verify.

Obdobou DMADV je cyklus IDOV - Identify, Design, Optimize, Verify, jehož záměr je velice podobný DMADV.

Model DMEDI - Define, Measure, Explore, Develop, Implement, je používán, stejně jako DMADV, k návrhu nového procesu.

Six Sigma modely, zabývající se tvorbou nových procesů, řadíme do skupiny Design for Six Sigma, případně Design for Lean Six Sigma.

Existuje ještě jeden cyklus, který zapadá spíše do Lean aktivit. V kontextu Lean Six Sigma považují za vhodné se o něm krátce zmínit. SCORE - Select, Clarify, Organize, Run, Evaluate. Jedná se o cyklus, který se používá při aktivitách Kaizen, rychlé zlepšení procesů. Zaměřuje se na identifikaci a odstraňování plýtvání a zvyšování výkonnosti procesů. Jednotlivé znaky názvu mají následující význam a aktivity:

Select – přípravná fáze, zaměřena na:

- Výběr tématu, které bude předmětem diskuze a navrhování zlepšení,
- výběr sponzora a moderátora (proškolená osoba v oblasti Lean, vedoucí jednání),
- stanovení konkrétních cílů,
- identifikace pracovních metod.

Clarify – přípravné jednání, jehož úkolem je:

- Vyladit záměr a cíle,
- vymezení pravidel a nastavení hranic obsahu jednání,
- výběr účastníků a přidělení rolí.

Organize – příprava zaměřena na:

- Sestavení programu a zajištění vhodných prostor pro aktivitu,
- zajištění pomůcek,
- sběr údajů potřebných pro diskuzi,

- komunikace záměru jednání.

Run – vlastní jednání typu Kaizen:

- Seznámení účastníků s pravidly,
- provedení plánovaných aktivit,
- shrnutí,
- zpracování akčního plánu.

Evaluate – hodnocení a poděkování.

Všechny výše zmiňované metody vychází ze stejného principu, a to z pozorování současného stavu, analýzy skutečností, návrhu změny a následnému pozorování, zda změna přinesla to, co bylo záměrem. [4]

5.1 Rozdělení metod Define-Measure-Analyze-Design-Verify a Define-Measure-Analyze-Improve-Control a jejich použití

Nejtradičtější metody aplikace Six Sigmy jsou metody DMADV a DMAIC, mezi kterými jsou podstatné rozdíly v záměru jejich aplikace.

DMADV – Define/Definovat, Measure/Měřit, Analyze/Analyzovat, Design/Navrhovat, Verify/Ověřovat, se používá tam, kde je třeba vyvinout nový proces, který má v požadavku být velice výkonný nebo kde je třeba navrhnout nový produkt, který musí splňovat vysoké nároky na kvalitu anebo, kde je třeba stávající proces dramaticky přepracovat.

DMADV spadá do kategorie DFSS (Design For Six Sigma), navrhování pro Six Sigma. V podstatě se jedná o snahu navrhnout a zkonstruovat proces nebo produkt tak, aby budoucí ladění tohoto procesu nebo produktu a přibližování ho k úrovni Six Sigma, stálo co nejméně prostředků a úsilí. Jak už bylo zmíněno, zpravidla se jedná o navrhování nového procesu, proto charakter jednotlivých fází je odlišný od metody DMAIC, kde proces existuje a můžeme čerpat z poznatků jeho existence. DMADV se zaměřuje na očekávání zákazníka, na metody typu brainstorming, na zkušenosti expertů a definování charakteristiky budoucích procesů nebo produktů. Je vhodné čerpat ze zkušeností s podobnými procesy.

DMAIC – Define/Definovat, Measure/Měřit, Analyze/Analyzovat, Improve/Zlepšovat, Control/Řídit, je zdaleka nepoužívanější Six Sigma model, který si podrobněji rozebereme v další kapitole. Zmiňme, že jeho použití je vhodné tam, kde již proces existuje a chceme jeho výkonnost zlepšit, respektive zlepšit kvalitu jeho výstupu. Přehled rozdílů jednotlivých fází je uveden v Tab 3. [4]

Tab 3) Rozdíl DMAIC a DMADV

DMAIC	DMADV
Definování: Definice zákazníka, jeho potřeb, procesu, který má být podroben zkoumání a zlepšení, stanovení cílů projektu.	Definování: Pojmenování příležitosti k navržení nového produktu nebo procesu, stanovení cílů projektu.
Měření: Zjištění současné výkonnosti nebo parametrů kvality současného procesu. Stanovení základny pro zkoumání a porozumění.	Měření: Formulace a kvantifikace očekávání zákazníka a stanovení požadavků na budoucí produkt nebo proces. Stanovení měřitelných parametrů a vlastností.
Analýza: Zkoumání údajů a nalezení příčin problémů nebo závad.	Analýza: Zkoumání rámcových návrhů vzhledem k souvisejícím požadavkům a přáním zákazníka.
Zlepšování: Navržení takových změn v procesu, kterélepší nebo eliminují analyzovaný problém.	Navrhování: Detailní návrhy produktů/procesů, které budou po implementaci splňovat stanovené parametry řešení.
Řízení: Kontrolování a korigování budoucí výkonnosti procesu.	Ověřování: Porovnání výsledných návrhů vzhledem k původně stanoveným cílům.

5.2 DMAIC (Define Measure Analyze Improve Control)

V následujících kapitolách je podrobně popsán nejpoužívanější cyklus implementace metody Six Sigma, cyklus DMAIC, se zaměřením na jednotlivé fáze metody a vysvětlením jejich záměru. Jsou uvedeny nástroje, které se v jednotlivých fázích používají. Připomeňme, že cyklus DMAIC vychází z již dříve poznaného principu logického sledu řešení zlepšování, a to z poznání současného stavu, analýzy skutečností, návrhu a aplikace řešení a následném ověřování přínosu provedených aktivit. Stejně tak, některé nástroje, používané v konceptu Six Sigma, byly vymyšleny a jejich základy položeny mnohem dříve, než byla sepsána metodologie Six Sigma, proto mohou být součástí i jiných konceptů nebo obecně známé.

5.2.1 Define (Definování)

Fáze „definování“ je započata právě potom, co se management rozhodne, kterými projekty by se rád zabýval. K tomu je třeba podrobně znát aktuální stav ve firmě. Z těchto znalostí vyplyne definice projektem řešeného problému, stanovení propočtů nákladů na nekvalitu, stanovení cíle a úspor, které projekt vygeneruje. Dále je třeba stanovit, jaký tým se bude projektem zabývat, jaký je rozsah projektu. [2]

Zadání projektu (project charter). Pro ucelený přehled výše zmíněného slouží tzv. „project charter“, zadání projektu, který je znázorněn v Tab 4. Jedná se o formulář obsahující zpravidla následující informace:

Popis problému (Problem Statement) – jedná se o zdůvodnění, proč se projekt zabývá daným tématem. Popisuje, co je špatně, jaké požadavky zákazníka nejsou splněny, kdy problém nastává, za jakých podmínek, jak často, jaký je dopad a především, jaký je finanční dopad.

Popis příležitosti (Business Case) – popisuje, proč je výhodné se daným projektem zabývat. Proč se tím zabývat právě v tuto chvíli, jaké by byly následky, kdyby se projekt nerealizoval a jak projekt zapadá do firemních záměrů.

Cíle (Goal Statement) – popis metod měření cílů, tzv. měřítek úspěchu projektu a jejich konkrétní hodnoty. Zde platí stejná pravidla, která se používají při stanovování cílů. Cíle musí být jasné, měřitelné a dosažitelné.

Rozsah projektu (Scope) – stručně udává, o který proces se jedná, jeho začátek i konec, případně, co je již mimo rozsah. Rozsah projektu bývá zpravidla podrobněji popsán dalšími nástroji.

Plán projektu (Timeline) – zpravidla udává časový plán plnění jednotlivých fází.

Tým (Team members) – nominovaný tým. Kromě vedoucího projektu a členů pracovního teamu zahrnuje i osoby podporující projekt z hlediska poskytování zdrojů a znalostí jak metodologie Six Sigma, tak procesů. [3]

Tab 4) Zadání projektu

Zadání projektu	
Popis problému:	Popis příležitosti:
Cíle:	Rozsah projektu:
Plán projektu:	Tým:

Hlas zákazníka je základním zdrojem informací o potřebách zákazníka. V podstatě se jedná o sběr informací buď o událostech, které již nastaly, sběr reaktivních informací o reklamách, stížnostech, analýzy oprav nebo o sběr proaktivních informací ve formě rozhovorů, dotazníků spokojenosti apod.

Z hlasu zákazníka se vytvoří právě měřitelný ukazatel úspěchu a nadefinují se cíle. V terminologii Six Sigma se pro hlas zákazníka užívá výraz Critical to Quality (CTQ). Pro posuzování potřeb vnitřního procesu se užívá výraz Critical to Process (CTP). Jejich koncové požadavky by se měly překrývat.

Hlas zákazníka je subjektivní, není založen na datech, proto se požadavky a formulace různých zákazníků mohou lišit. [3]

Model Kano. Formuloval Noriaki Kano v Japonsku. Pojednává o tom, že kvalita nemá jen jeden rozměr, ale více.

Prvním rozměrem jsou požadavky, které určují klíčové vlastnosti produktu. Čím více jsou splněny a kvalitní, tím je zákazník spokojenější. Například rychlejší připojení k internetu. Na druhou stranu zvyšování kvality těchto požadavků zvyšuje náklady.

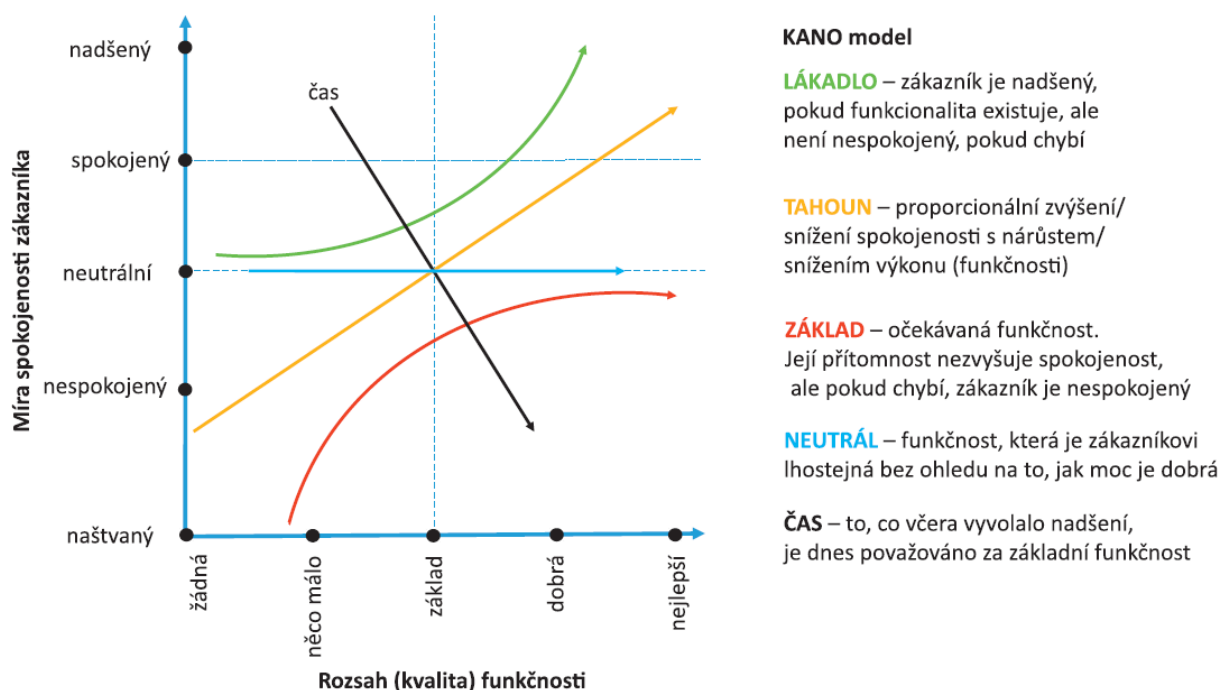
Dalším typem požadavků jsou ty, se kterými se obecně počítá. Zvýšení kvality těchto požadavků nevede k navýšení spokojenosti, pouze ke zvyšování nákladu. V obráceném případě, nesplnění tohoto požadavku, je kritický nedostatek vedoucí k velké nespokojenosti zákazníka. Příkladem by mohla být nemožnost mobilního zařízení připojení k internetu.

Třetí typ kvality je tzv. lákadlo. Něco, s čím zákazník nepočítá, inovace, něco navíc. Zákazník je nadšený v případě dodání, ale rozhodně není nespokojený v případě nedodání.

Může se jednat třeba o bezplatné poskytnutí routeru zákazníkovi k šíření wifi signálu domácí sítě. Z lákadla se však později stává samozřejmost.

Posledním typem jsou vlastnosti, které zákazník nijak neocení a jen zvyšují náklady. Například firemní logo na výše zmiňovaném routeru. [1], [14]

Je vcelku na uživateli, jakým způsobem a jak vizuálně si data roztřídí dle jednotlivých kategorií vlastností a jak s nimi bude dále pracovat. Rozdělení může sloužit i jako leanařský nástroj, který identifikuje nevyžádané vlastnosti, respektive zbytečné náklady. Grafické zobrazení závislosti plnění jednotlivých typů vlastností a spokojenosti zákazníka je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1) Kano model [14]

Z charakteristik právě zmíněných nástrojů je patrné, že jsou zaměřeny na potřeby zákazníka. Vzpomeňme, jak jsme definovali Six Sigma, jako metodologii zaměřenou na zákaznické potřeby. Poslední dva nástroje mohou být jakýmsi doplněním nebo upřesněním definic ze zadání projektu. Přesuňme se od zákaznických požadavků k porozumění rozsahu projektu a k mapování procesů použitím procesních diagramů. Procesní diagramy znázorňují přehledně a graficky části procesů nebo procesy, jak na sebe navazují. Jsou vhodné zejména pro zdokumentování a porozumění toků nejen v rámci pracovního týmu při realizaci projektu, ale kdykoliv se projekt bude prezentovat.

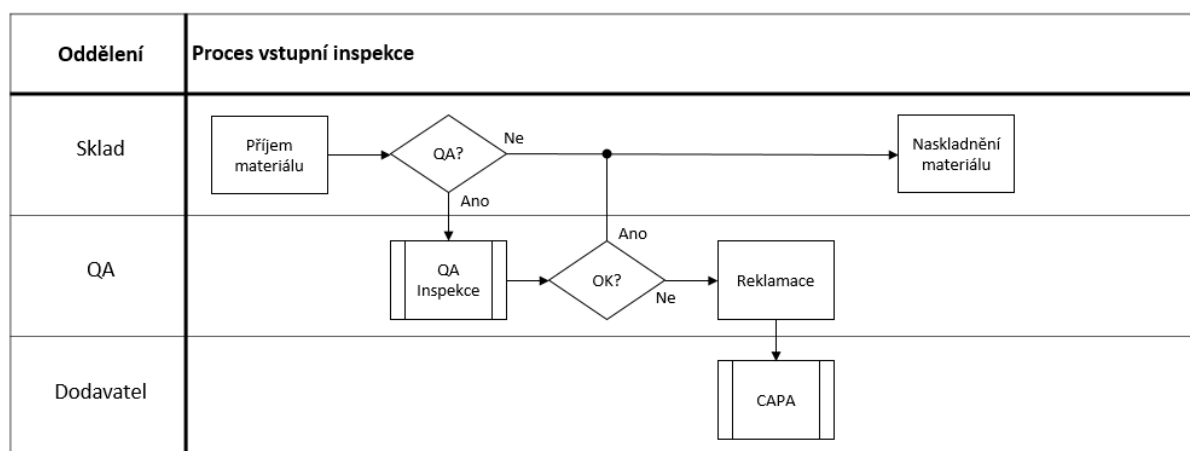
SIPOC diagram (z anglického názvu Suppliers, Input, Proces, Output, Customers), obsahující informace o dodavatelích, vstupech, procesech, výstupech a zákaznících. Usnadňuje pochopení vztahu procesu k jeho okolí, příkladem je Tab 5.

Tab 5) SIPOC

Dodavatelé	Vstupy	Proces	Výstup	Zákazník
SW agency	Zákaznický SW	Zapnutí přístroje	Přístroj pro dopravce	Kurýrní služba
Sklad přístrojů	Instrukce	Zákaznický SW		
		Nastavení přístroje		
		Finální kontrola		
		Záznam v systému		

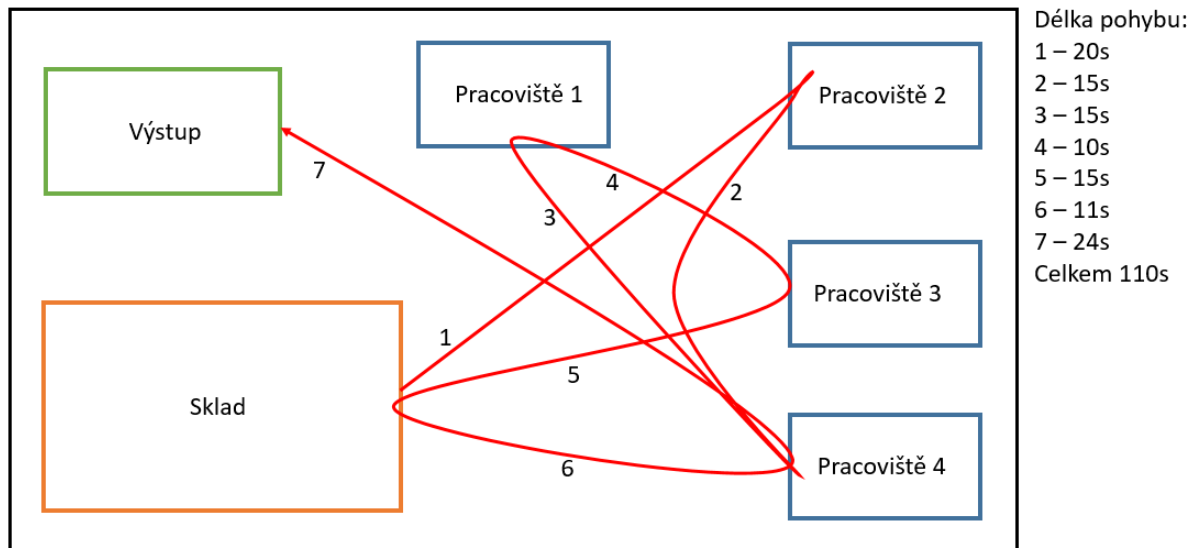
Obecná procesní mapa neboli vývojový diagram, slouží ke grafickému pohledu na zlepšovaný proces, případně znázorňuje, v jakém kontextu se zlepšovaný proces nachází. Procesní mapa znázorňuje procesní kroky jdoucí po sobě, a to většinou v orientaci zleva doprava, nebo seshora dolů. [1]

Dráhový diagram, znázorněn na Obr. 2, je náročnější forma procesní mapy, která kromě navazujících procesních kroků znázorňuje i vazbu na pozici nebo pracovní skupinu, která má činnost vykonávat. Nespornou výhodou diagramu je jeho přehlednost a snadnost čtení informací udávajících, co se má dělat, kdo to má dělat a kdy. Dráhové diagramy mají mnohé využití a mohou se vyskytovat pod mnoha různými názvy, právě dle jejich zaměření: model procesních toků, diagram odpovědností, diagram rozpisu funkcí, diagram činností a další. [4]



Obr. 2) Dráhový diagram

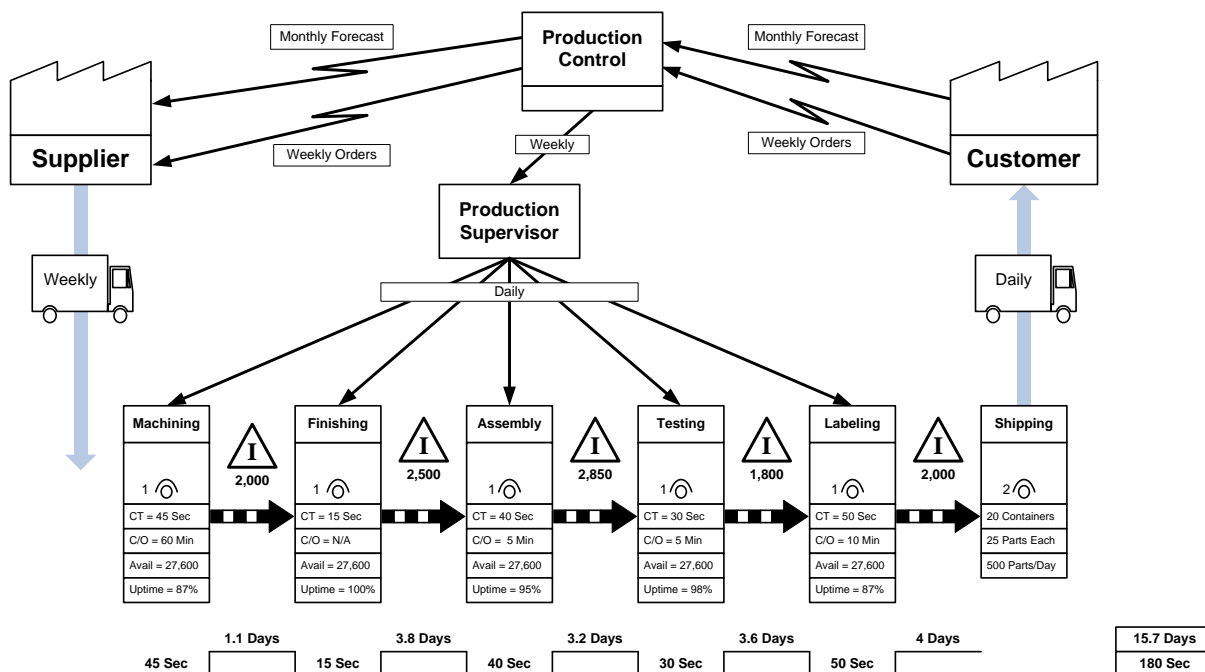
Špagetový diagram nebo diagram přesunu je další z nástrojů kategorie mapování procesů. Tento nástroj znázorňuje prostorové rozložení procesu a pohybu nejčastěji lidí, zaměstnanců, zákazníků nebo informací, dokumentů, případně materiálu. Diagram se užívá tam, kde potřebujeme zmapovat a eliminovat plýtvání zbytečného pohybu. Je to opět nástroj kategorie Lean. Příklad na Obr. 3.



Obr. 3) Spaghetti diagram

Mapa toku hodnot je asi nejkomplikovanější nástroj Leanu, o kterém bude v této fázi ještě pojednáno. Je používán k mapování procesů. Jedná se znova o znázornění určitého procesního toku, v tomto případě obohaceného o informace o počtu pracovníků jednotlivých kroků, rozpracovanosti, dob čekání, času na přípravu, času na provedení požadované aktivity, chybovosti a dalších nákladů vznikajících v toku. Účelem je vyhodnotit, kolik času zabere aktivita přidávající hodnotu, kolik času zabere aktivita nepřidávající hodnotu, tzv. „úzká hrdla“ způsobená čekáním, rozpracovaností, nízkým průtokem, a to vše jsou další náměty na zlepšení a mohou být předmětem zlepšovateľského projektu. [4]

Příkladem je mapa na obrázku 4 používaná ke školení zaměstnanců ve společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.



Obr. 4) Mapa hodnotového toku [15]

Nyní je již porozuměno tomu, jak jsou nastavené cíle a známe podrobnosti ohledně procesu, který chceme zlepšovat.

5.2.2 Measure (Měření)

Je-li porozuměno kontextu procesu, ve kterém chceme realizovat zlepšení, nastává fáze, ve které potřebujeme nasbírat data k poznání aktuálního stavu procesů, které později zanalyzujeme a navrhujeme změnu. Mít správná data je stěžejní pro správné určení příčin a v konečném důsledku pro úspěšnost celého projektu. Ostatně, v metodologii Six Sigma, se rozhodnutí činní právě na základě dat.

Sběr dat je třeba dobře naplánovat, a to můžeme udělat systematicky v několika krocích:

- Stanovení, co budeme měřit, jaká data sledovat,
- definice sledované veličiny,
- identifikace zdroje dat,
- plán sběru dat,
- sběr dat.

Stanovení, co budeme měřit, jaká data sledovat

Mělo by se vycházet z první fáze projektu, a to z definic v zadání projektu. V zadání projektu může být uvedeno, že je potřeba snížit procentuální hodnota reklamací zákazníků na určitou hodnotu. Z toho ovšem neplyne jen to, že se budou sledovat procentuální hodnoty reklamací v čase. Jen to nepřinese data, která by pomohla snížit reklamace. Je třeba sbírat data, která pomohou identifikovat důvody reklamací, případně jejich příčiny a tyto data jsou poté použita v následující fázi, k analýze.

Sledované hodnoty můžeme kategorizovat následujícím způsobem:

- Měření výsledků procesů ve vztahu k zákazníkovi, tzn. jak je zákazník spokojen s výstupem, respektive spokojenost zákazníka,
- měření kvalitativních výsledků procesů, např. chybovost procesu, výtěžnost,
- měření objemu výstupů, vyjádřeno v jednotkách nebo finančních údajích,
- měření vlastních procesů ve vztahu k zlepšovatelským aktivitám. [3]

Definice sledované veličiny

Sledovaná data je třeba popsat tak, aby bylo všem zřejmé, co je třeba měřit. Mělo by se zajistit, že každý bude data sbírat a zaznamenávat stejným způsobem. Jaký by byl význam dat, kdyby jeden pracovník zadával hodnoty například v palcích, druhý v centimetrech a podobně. Není to situace neřešitelná, ale komplikace při dalším zpracování je zaručena a navíc, bez povšimnutí takového rozdílu by mohlo dojít k nesprávným závěrům, špatným rozhodnutím a investicím, které by se nevrátily. [3], [4]

Identifikace zdroje dat

Je-li jasno, jaká data je třeba sledovat, musíme se zamyslet nad tím, kde taková data posbíráme. Současný sběr dat může být dostačující nebo jej budeme muset upravit. Je zcela možné, že současný systém potřebná data neuchovává nebo není spolehlivý a bude třeba nastavit nový systém sběru dat, což může být sice nákladné, ale nevyhnutelné.

Důležitým faktorem je formát dat. S daty se bude v pozdější fázi pracovat, a proto je vhodné se zabývat jejich strukturou. [3], [4]

Plán sběru dat

Plánování sběru dat může být velice komplikovaná záležitost. Je nutné si uvědomit, zdali sbírat spojitá data nebo diskrétní, jaké vzorkování se bude provádět, kdo bude data sbírat, kam se budou zaznamenávat a jak se budou vyhodnocovat.

Diskrétní data mohou být pro náš záměr dostačující, ale je třeba si uvědomit, že obsahují mnohem méně informací než spojitá. Někdy však není jiná možnost než použít právě tyto data. Jedná se např. o data jako názvy vad nebo uvádění, jestli se něco vyskytuje, nebo nevyskytuje, použití barevné škály nebo například stupnice spokojenosti od 1 do 5. Nevýhodou diskrétních dat je, že je třeba mnohem více pozorování než u dat spojitých. Výběr diskrétních dat může „zakrýt“ některé další skutečnosti, které mohou být důležité, například sbírá-li se informace, zdali rozměr vyhovuje způsobem ano/ne, přichází se o možnost dalšího zpracování dat konkrétních rozměrů.

Spojitá data, jako průměr, drsnost, čas, jsou veličiny, které se můžou měřit a dále statisticky zpracovávat. Mnoho Six Sigma nástrojů zpracovává pouze spojitá data.

Další skutečností pro plánování měření je velikost a způsob vzorkování. Můžeme sbírat data z celé populace, ale máme možnost statistického výběru, který jak známo, je-li vypovídající, charakterizuje vlastnosti celé populace. Můžeme použít náhodný výběr, systematický výběr, stratifikovaný výběr a další. Jedno z úskalí vzorkování je, že statistický výběr z procesu je odlišný od výběru z populace.

Výběr z populace nebo statistika z populace, je prostý výběr bez ohledu na čas. Výběr je stacionární. Jednoduchý příklad může být náhodný výběr výrobků ze skladu.

U statistiky procesu je nutné přemýšlet nad tím, že proces se v čase mění. Kvalitu ovlivňuje mnoho faktorů, a to včetně toho lidského – únava na konci směny, snížená koncentrace po přestávce, směny v různou denní dobu atd. Tomu je třeba přizpůsobit výběr. Jako ideální varianta se jeví systematický výběr, jehož frekvence není ve shodě právě s některou z uvedených skutečností a její výběr je proto uskutečněn kdykoliv v průběhu procesu.

Neméně důležité je stanovit, jaká měřicí zařízení se budou používat a v jaké přesnosti, vyžaduje-li to charakter sběru dat. [3], [4]

Sběr dat

Nejzajímavější část měření nastává v okamžiku, kdy jsou obdrženy požadované výsledky, a to v případě, že jsme v předchozích krocích postupovali správně. Před měřením „naostro“ musíme prověřit, zda všichni rozumí, jaký sběr dat je požadován, kam jej zaznamenávat a zdali je nástroj pro ukládání záznamů vyhovující. To může být jednoduchý úkol, prostá kontrola dat po započetí sběru dat. Kontrolu bychom měli provádět průběžně. [5]

Při zajištění správnosti měřicího systému nás zajímá následující:

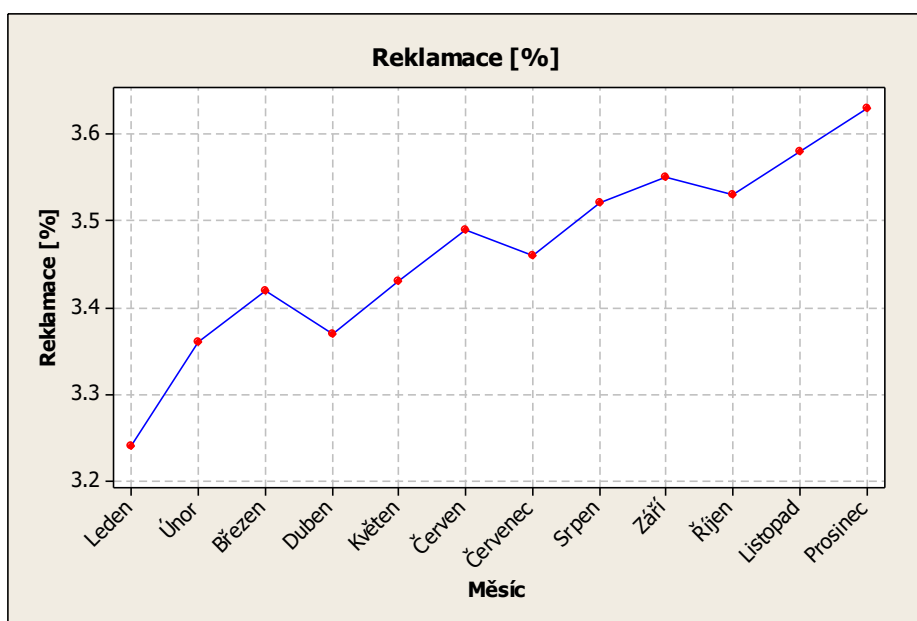
- Přesnost měření – jak moc se naměřená hodnota liší od skutečné hodnoty. Z metrologie víme, že na přesnost měření má vliv hned několik aspektů. Jedním z nich je přesnost měřidla, které jsme si určili v předchozím kroku,
- opakovatelnost – hodnoty by se neměly lišit, měříme-li opakovaně za stejných podmínek,
- reprodukovatelnost – opět by se naměřené hodnoty neměly lišit, měří-li jiná osoba, případně za jiných podmínek,
- stabilita – měřicí systém by měl naměřit stejné hodnoty v průběhu času,

- linearita – vychýlení hodnot by mělo být stejné v celém rozsahu měření. [2]

Výše uvedené vlastnosti měřicího systému se sledují metodou Gage R&R (Gage Repeatability and Reproducibility), analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Jedná se o metodu, která zkoumá průměry a rozptyly jednotlivých operátorů měření. Výstupem analýzy je procentuální vyhodnocení kolísání procesu.

Dále jsou uvedeny další typické nástroje fáze měření:

Průběhový diagram, jehož příklad je možné vidět na obrázku 5, je nejčastěji používaný nástroj. Graf, který slouží k zobrazování dat v čase. Na ose x je jednotka času, na ose y sledovaná veličina.



Obr. 5) Průběhový diagram

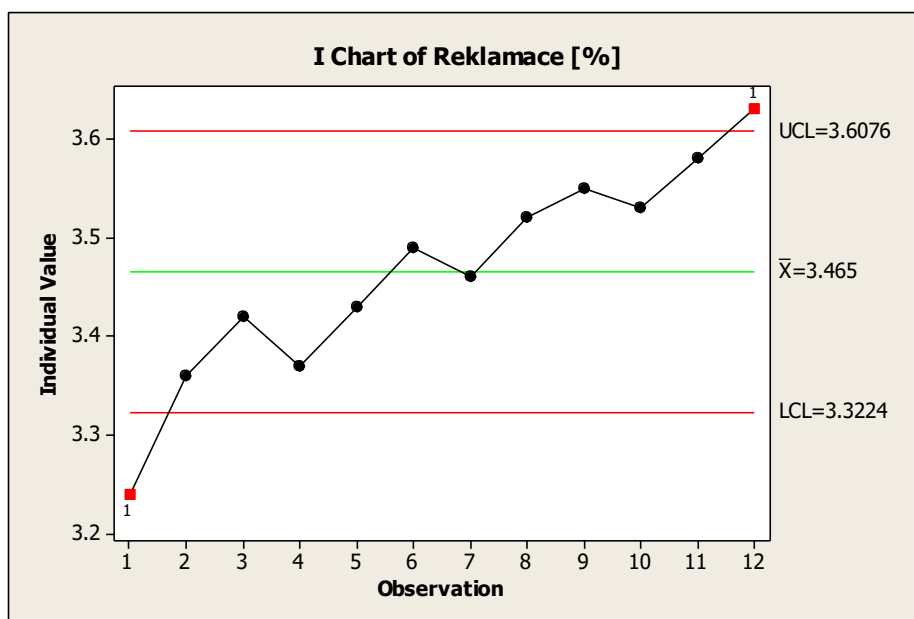
U tohoto typu grafu se kromě hodnot v ose y vyšetřuje i průběh těchto hodnot. Je zde pozorováno několik úkazů, které mohou indikovat potíže v procesu. První úkaz je trend. V grafu pozorujeme trend vzrůstající. Nárůst reklamací může znamenat zhoršující se kvalitu výstupu, ovšem způsobenou nějakým faktorem, který ji ovlivňuje. Dále je možné pozorovat cyklus. Zde v grafu je zajímavé sledovat zvýšený počet reklamací vždy na konci čtvrtletí. Dalším zajímavým úkazem může být setrvačnost procesu. Ta se projevuje tam, kde se sledovaná veličina nemůže skokově změnit. Příkladem může být změna kvality výstupu v únoru, která se neprojevuje na reklamacích okamžitě, ale lze ji pozorovat postupně. Složitější obdobou průběhového diagramu je tzv. regulační diagram.

Regulační diagram na obrázku 6, obsahuje navíc centrální čáru CL a regulační meze UCL a LCL. Tyto regulační meze nejsou meze toleranční nadefinované například zákazníkem, ale jsou to meze vypočtené dle reálného chování procesu.

Graf se používá ve statistickém řízení procesů (SPC). Za výpočtem regulačních mezí stojí určitá pravidla a pro každý typ grafu existují různé vzorce pro jejich výpočet. Obecně, regulační meze vychází ze třech směrodatných odchylek, které jsou nastaveny do kladného i záporného směru od centrální čáry.

Důležitá je znalost pravidel pro interpretaci průběhu grafu. Proces je mimo kontrolu, pokud je splněna alespoň jedna z následujících podmínek:

- Jeden nebo více výsledků padne mimo meze regulačního diagramu,
- dvě nebo tři po sobě jdoucí hodnoty mimo dvě standardní odchylky od centrální čáry,
- čtyři nebo pět výsledků mimo oblast jedné směrodatné odchylky od centrální čáry,
- šest nebo více hodnot po sobě jdoucích vzestupně nebo sestupně,
- osm nebo více hodnot za sebou nacházejících se na jedné straně od centrální čáry,
- patnáct po sobě jdoucích, střídavě na jedné a druhé straně centrální čáry ve vzdálenosti menší než jedna směrodatná odchylka. [4]



Obr. 6) Regulační diagram

Způsobilost procesu. Proces je možno sledovat nejen podle regulačních mezí, ale i podle mezí určených zákazníkem USL, LSL (upper/lower specification limit), tzv. horní toleranční mez, dolní toleranční mez. U způsobilosti procesu nás zajímají dva koeficienty: C_p a C_{pk} .

Koeficient C_p porovnává šířku rozdělení měřených hodnot, viz rovnice 1 a 2.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

$$\text{kde } \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}; d_2 \text{ je tabulková hodnota.} \quad (2)$$

Lze dosáhnout třech výsledků:

$C_p < 1$; Six Sigma rozložení je větší než tolerance,

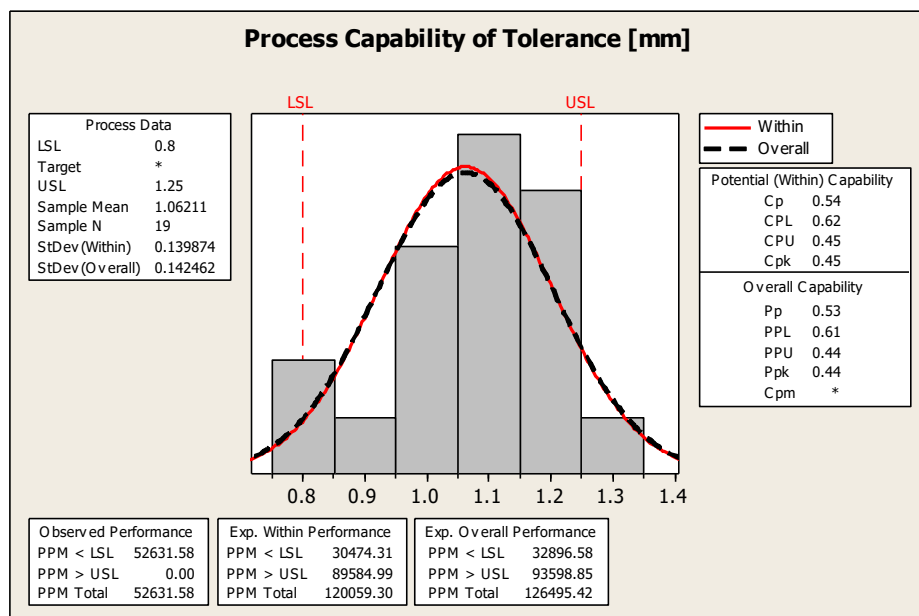
$C_p = 1$; Six Sigma rozložení je rovno toleranci, tzn. je-li proces vycentrován 0,3% hodnotou, může být mimo mez,

$C_p > 1$; Six Sigma rozložení je uvnitř mezí tolerance, tzn. pokud je proces vycentrován, velice málo hodnot bude mimo meze.

Rozložení hodnot ještě nezaručuje, že se proces bude pohybovat v mezích tolerance. Může být nevycentrován a pohybovat se mimo mez. Proto se vyhodnocuje ještě jeden koeficient C_{pk} , rovnice 3. Tento koeficient udává, kde, ve vztahu ke středu, se proces nachází.

$$c_{pk} = \min \left\{ \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \right\} \quad (3)$$

V potaz je brána vždy menší hodnota. Je-li $C_{pk} = 2$, proces je vycentrováný. Pokud je $C_{pk} < 2$, proces se odchyluje stranou. Příklad nástroje pro numerické i grafické vyhodnocení C_p a C_{pk} je na Obr. 7.



Obr. 7) Způsobilost procesu

Koeficienty C_p a C_{pk} se udávají současně a vytvářejí celkový přehled o rozložení a vycentrování procesu, na jejichž základě se můžeme dále rozhodovat, zda se budeme snažit o vycentrování procesu, nebo o zúžení variací.

Pro atributivní data vyhodnocujeme způsobilost procesu pomocí výpočtu DPMO, rovnice 4, který je možno převést na C_{pk} , příklad v Tab. 6.

$$DPMO = 1000000 \frac{D}{NO} \quad (4)$$

D = počet vad, N = počet jednotek, O = počet příležitostí pro vadu na jednotku.

Tab 6) Převod C_{pk} na DPMO

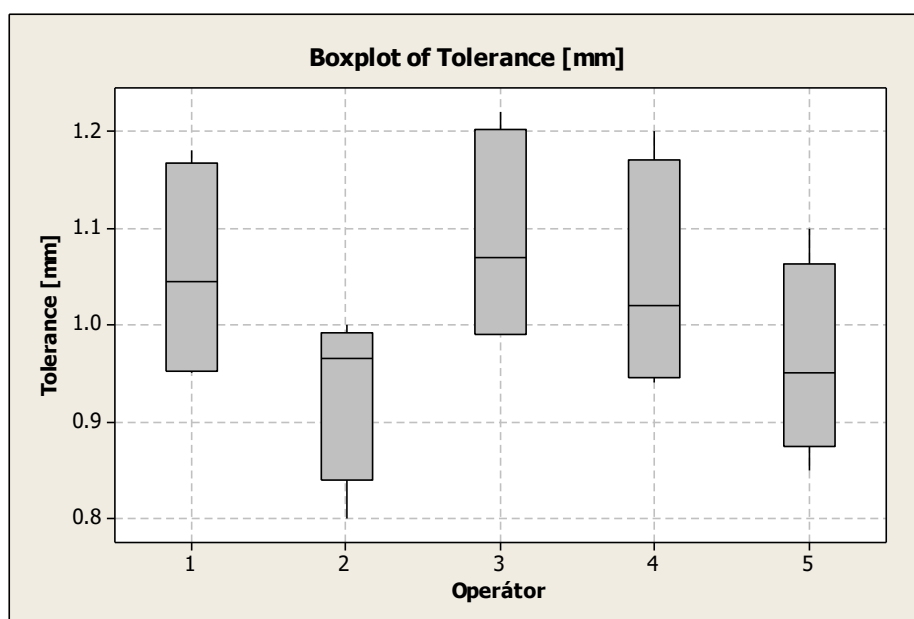
C _{pk}	DPMO
2	2
1.5	1350
1	66.807
0.5	500000
0	933193

Histogram se používá pro zobrazení proměnlivosti v procesu. Jeho vhodnost narůstá s počtem naměřených hodnot. Zpravidla, od 30 naměřených hodnot je jeho hodnota vypovídající. Histogram je graf, který zařazuje naměřené hodnoty do skupin, tzv. tříd a zobrazuje jejich četnost. Třídy mají určitou délku.

Počet tříd m se určuje z počtu měření n : $1+3,3\log n$ pro symetrický statistický soubor nebo \sqrt{n} až $2\sqrt{n}$. Délka třídy h se určí $h = \frac{x_n - x_1}{m}$. Histogram může znázorňovat i distribuční křivku.

Z tvaru grafu je opět možno vyčíst informace o procesu. Příklad na Obr. 7 je nejčastější tvar symetrického rozdělení, připomínající Gaussovo rozdělení. Je zde možné odečíst střed rozdělení, šířku a tvar. Může nastat, že histogram obsahuje dva vrcholy. To může indikovat, že vyhodnocovaný vzorek byl měřen na dvou různých pracovištích, byl použit různý materiál, měření bylo provedeno v různých směnech, v procesu došlo ke změně, která vyvolala změnu na výrobku atd. Pravá příčina se musí zjistit. Další úkaz, který může nastat, je histogram se zešíkmeným, asymetrickým rozdělením nebo histogram se zploštělým rozdělením.

Krabicový diagram se používá tam, kde potřebujeme porovnat proměnlivost z více zdrojů. Krabicový diagram znázorňuje maximální hodnoty, medián horní kvartil a dolní kvartil. Příklad je zobrazen na Obr. 8.



Obr. 8) Krabicový diagram

Na konci fáze měření by mělo být možno stanovit aktuální výkonnost procesu z nasbíraných dat a může se přejít do další fáze, ve které budeme vyhodnocovat daná data a hledat faktory, které mají vliv na metriky, které jsou zlepšovány.

5.2.3 Analýze (Analyzování)

Dalším bodem je fáze, ve které jsou vyhodnocena naměřená data graficky, matematicky i statisticky a zároveň je využita kreativita nejen úzké skupiny lidí uvedené ve zlepšovateľském projektu, ale i dalších osob zainteresovaných do procesu. Současná kondice procesu je stanovena pomocí analýzy regulačních diagramů, výpočtů způsobilostí procesů, ze znázorněných rozptylů a dalších nástrojů.

Stav procesu porovnáme s požadovaným stavem, který jsme si nadeřinovali na začátku projektu a případně zavedeme nepatrné korekce v zadání.

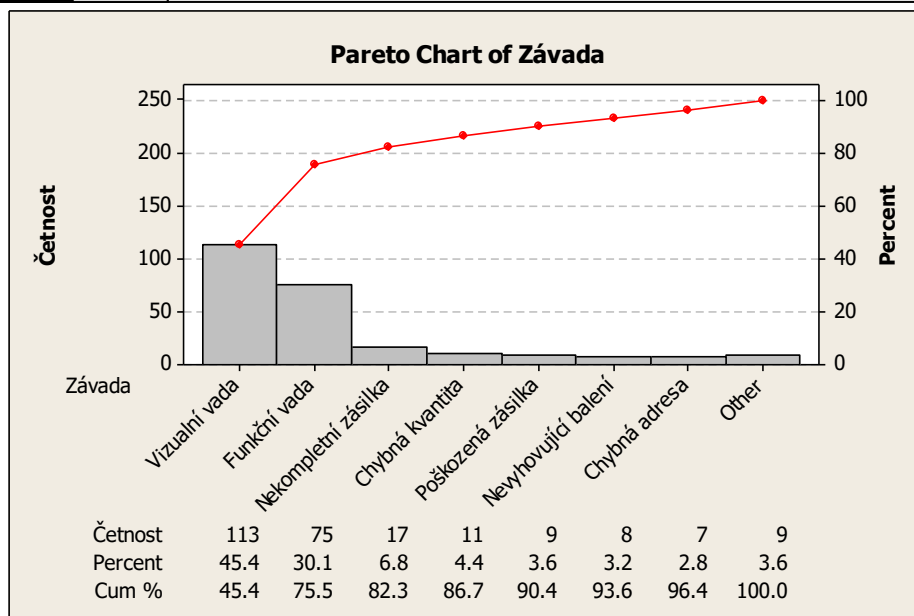
Následující krok fáze je vyhledat příčiny problémů. Vracíme se na k počátečnímu vztahu $Y=f(X)$ kde výstup Y ovlivňují různé proměnné x , a ta x se hledají. V podstatě máme dvě základní možnosti:

- Organizovat skupinové schůzky typu brainstorming a problémům přiřadit možné příčiny, kategorizovat je, přiřazovat prioritu a dále řešit. Tyto metody jsou hodně závislé na emocích jedinců, jejich úroveň angažovanosti v procesu, kvalifikace a zkušenosti. Výhoda těchto metod je zapojení a získání podnětů jedinců, kteří by neměli možnost vyjádřit svůj názor a generování velkého množství nápadů. Nevýhody plynou spíše ze špatné organizace události, kdy se může projevit časová neefektivita, prosazení námětů „silných“ jedinců, nepřehledné množství námětů, nedosažení vytyčeného cíle. Právě zmiňovaná možnost hledání příčin může být použita i jako sběr námětů pro zlepšení.
- Další možností je použít objektivní nástroje, které čerpají z dat nebo využívají metodologický postup. Jsou méně závislé na jedincích. Jedná se o nástroje jako 5x proč, Paretův nebo Ishikawův diagram nebo FMEA.

Posledním krokem fáze analýzy je zjištění závislosti vlivů a následků, respektive ověření, že to, co jsme identifikovali jako příčinu problému, má dostatečný vliv na výstup, a tím se rozhodne, zda se naše zlepšovateľské záměry budou ubírat právě směrem k odstranění těchto vlivů. [4]

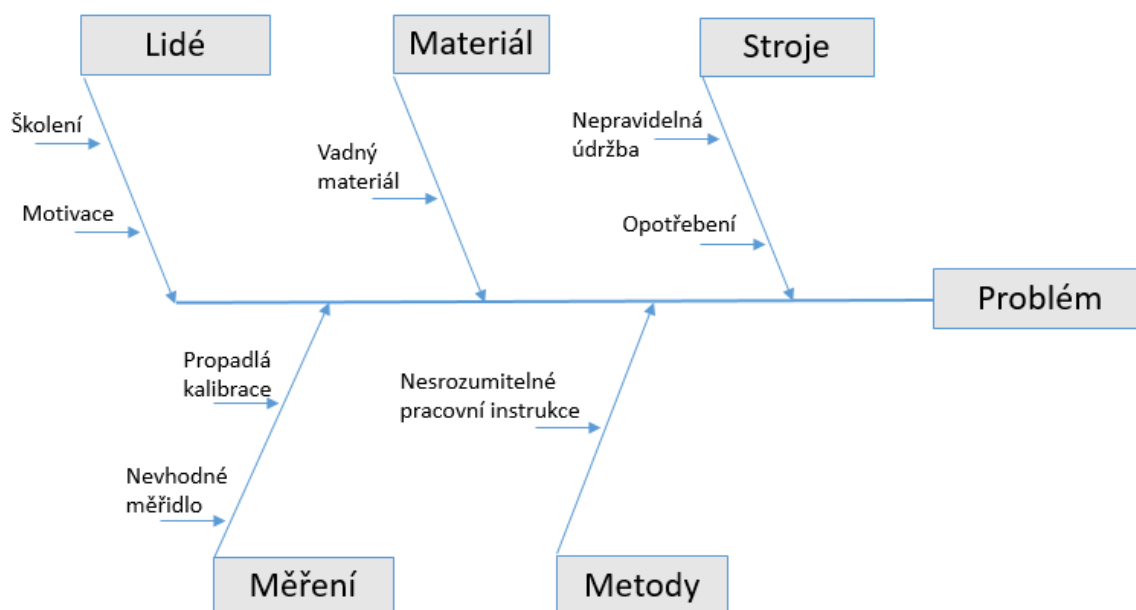
V této fázi se používají následující nástroje:

Paretovy diagramy jsou velice přehledné grafy, jednoduché ke čtení a interpretaci. Vyjadřují četnost, která je sestupně řazena a kumulativní procentuální křivkou vyjadřující zastoupení jednotlivých položek. Příklad na obrázku 9. Do grafu můžeme zakomponovat více údajů, například přidat procentuální křivku, která znázorňuje vliv nákladů konkrétní položky. Za tímto grafem stojí myšlenka Pareta, že 80 % národního bohatství v Itálii je generováno 20 % obyvatel. Tato myšlenka později zobecnila na hypotézu, která tvrdí, že 20 % aktivit se podílí na 80 % výsledku. [3], [4]



Obr. 9) Paretův graf

Ishikawův diagram neboli rybí kost je diagram, který ve své „hlavě“ znázorňuje problém a na pomyslné rybí kostře jsou zaznamenány příčiny. Příčiny hledá diskuzní tým, který je zapojen do procesu a má o něm určité povědomí. Důležité je navrhnout „páteř“, která může obsahovat např. základní kategorie lidé, materiál, měření, stroje, metody, prostředí nebo jiné, více vhodné ke zkoumanému procesu. U těchto zvolených kategorií se hledají příčiny problému. Příklad je zobrazen na Obr. 10.



Obr. 10) Ishikawův diagram

Po nasbírání všech možných příčin problému je důležité vybrat ty, které mají nejvyšší význam. V praxi to znamená, že se vybere například 6 příčin, které dále řešíme. K výběru se určí kritéria. Buď se sestrojí Paretův diagram, který seřadí příčiny dle četnosti, nebo k příčinám

sami metodologicky přiřadíme nějakou hodnotu závažnosti. Je možno sestavit matici příčin a následků. [3], [4]

FMEA (Failure mode and effect analysis, analýza vlivů a jejich důsledků) je asi nejznámější nástroj, jehož princip se používá v mnoha odvětvích k vyhodnocování nejen vlivů ve smyslu vad v procesu, ale i pro vyhodnocování rizik, zejména v rámci bezpečnosti práce. Právě FMEA je vhodný nástroj k vyhodnocování rizik ve firmě pro naplnění požadavků řízení rizik ve standardu ISO9001. FMEA lze použít ještě před existencí procesu, v takém případě se nazývá návrhová FMEA. Název procesní FMEA se využívá pro již existující proces.

FMEA má dvě hlavní části. Jedna slouží k samotné analýze a vyhodnocení rizika a druhá část slouží jako akční plán, ve kterém se přehodnotí riziko na základě zlepšení. Z toho plyne že FMEA se přenáší i do následující fáze „zlepšuj“. FMEA je týmová práce, na které se podílí zástupci oddělení participující na zkoumaném procesu, včetně podpůrných oddělení, jako je inženýrská podpora, oddělení kvality apod.

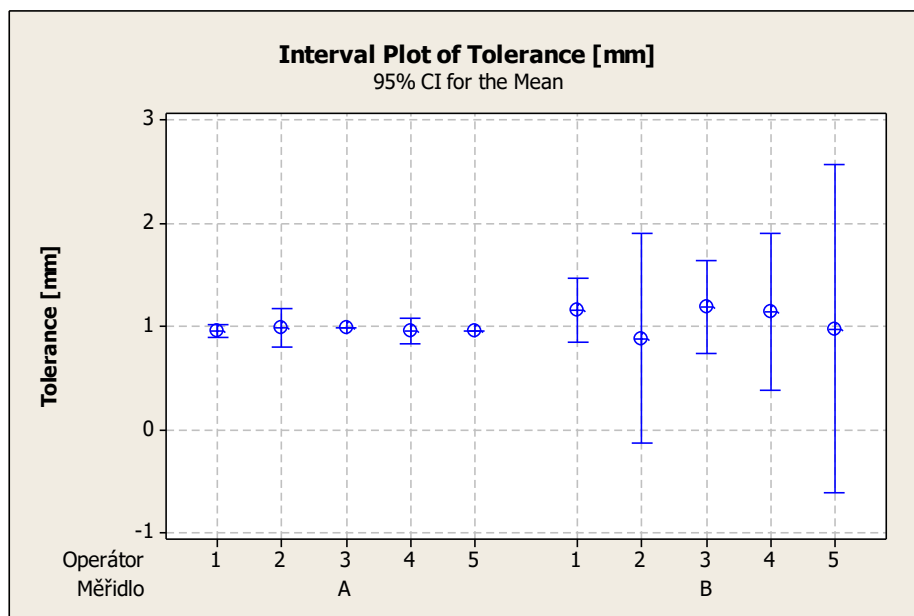
FMEA je tabulka a typicky se skládá z následujících položek, respektive sloupců:

- Prvek/Funkce/Procesní krok – před započítáním FMEA je stěžejní si důkladně popsat procesní tok. Do prvního sloupce vkládáme názvy procesních kroků pro orientaci, ve které části procesu by se vada mohla projevit a komu bude případně adresována nápravná akce,
- možná vada – tým, na základě svých zkušeností, určí, jaká chyba v procesu může nastat,
- možné následky (vady) – jaký je následek uvedené chyby v procesu,
- význam – hodnota vybraná z definované škály určující významnost následků chyby. Může se jednat „jen“ o diskomfort, nebo naopak ztrátu zákazníka,
- kritičnost – používá se ve variantě FMECA, je to číslo určené kombinací významu následků, četnosti výskytu, případně jiných atributů,
- možné příčiny – stanovení možných příčin chyby. Může být více možných příčin jedné chyby,
- výskyt – hodnota definované škály, určující četnost možného výskytu,
- stávající opatření pro prevenci – popisuje, jakým způsobem je v aktuálním procesu zajištěno předejití uvedené chyby,
- odhalitelnost – hodnota definované škály udávající pravděpodobnost odhalení chyby, pokud nastane,
- RPN (Risk Priority Number) – součin hodnot významu, výskytu a odhalitelnosti. Podle RPN vybíráme položky, které vyhodnocujeme jako kritické a následně pro ně stanovujeme nápravné, případně preventivní akce, abychom eliminovali jejich význam, výskyt nebo zvýšili jejich odhalitelnost.

Další sloupce FMEA jsou určeny pro definování nápravných akcí, určení vlastníka akcí, termínu plnění a překalkulování RPN. [4]

Následující skupina nástrojů zkoumá vliv spojitých veličin na výstup. Jejich pomocí se určuje, která x mají největší význam a nejvíce ovlivňují výstup. Předpokládá se normální rozdělení dat, což se může ověřit např. již dříve zmiňovaným histogramem. Výsledky analýz těchto nástrojů je možno odečítat z jejich grafické podoby, nicméně za jejich zobrazením stojí složité výpočty, které nebudou podrobněji popisovány.

Analýza odchylek, ANOVA (Analysis of Variances) se využívá pro porovnání několika vstupních proměnných ovlivňující výstupní proměnou. ANOVA udává statistickou významnost vlivů anebo jejich kombinací. Na obrázku 11 vidíme graficky znázorněné rozptyly v programu Minitab. Vidíme rozptyl 5 operátorů, kteří používali dvě různá měřidla A a B.



Obr. 11) Analýza rozptylu - Two Way ANOVA

Analýza ANOVA má i numerické vyjádření, které pracuje na základě hypotézy, která se nezamítá nebo zamítá. Níže z výsledku Minitabu lze pozorovat hodnotu „P“ u měřidla. Pokud je hodnota „P“ menší než 0.05, hypotéza se nezamítá. Jak z numerického, tak i z grafického výsledku je patrné, že na rozptyl má nejvýznamnější vliv měřidlo. [11]

Two-way ANOVA: Tolerance [mm] versus Operator, Měřidlo

Source	DF	SS	MS	F	P
Operator	4	0.069230	0.0173075	3.11	0.066
Měřidlo	1	0.051005	0.0510050	9.17	0.013
Interaction	4	0.074770	0.0186925	3.36	0.055
Error	10	0.055650	0.0055650		
Total	19	0.250655			

Analýza trendů je využívána k měření procesů a sledování, jak se měřená veličina chová v čase. Průběhový diagram a regulační diagram byl představen ve fázi měření. Na základě trendů se může predikovat, jakým způsobem se proces bude vyvíjet.

Regresní analýza se používá k hodnocení vztahu mezi příčinou problému a důsledkem. Pomáhá identifikovat tu pravou příčinu. Zkoumá vliv nezávislé proměnné na závislé proměnnou.

Korelační analýza je v jisté míře obdoba regresní. Analýza zkoumá vzájemnou závislost dvou proměnných. [3], [4]

5.2.4 Improve (Zlepšování)

Úkolem fáze „zlepšování“ je najít řešení uvedených problémů a odstranění nebo eliminování jejich příčin, které se na základě dat nebo brainstormingovými metodami určily v předchozí fázi a případně statistickými metodami se potvrdil jejich vliv na výstup. Konkrétní náprava se

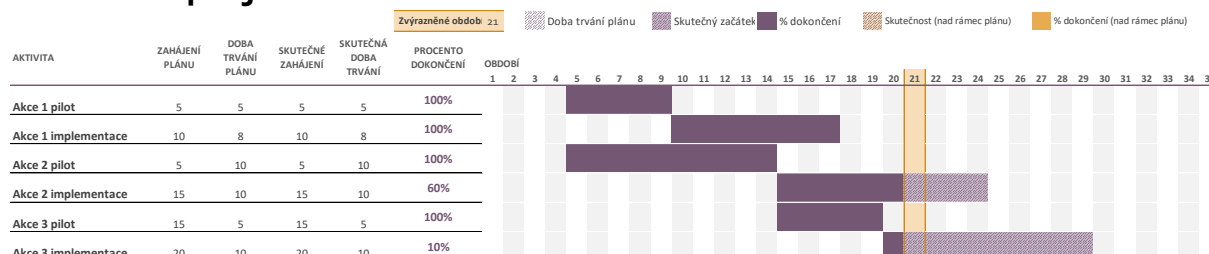
v datech nenachází. Musíme ji vymyslet a následně řídit její realizaci. Od toho se odvíjí zvolené nástroje a aktivity této fáze.

Pokud se stanovilo více možných příčin problému, musí se určit ty, kterými bude nejvýhodnější se zabývat. Berou se v potaz odhadované přínosy řešení, technologická a finanční náročnost, rizika, možné obtíže nebo případné nevhodné dopady řešení. Metoda sdružování námětů, hodnotící matice nebo brainstorming, mohou být použity pro výběr vhodného řešení. Rozhodovací kritéria mohou být stanovena dle vlastních potřeb nebo mohou být převzata již ověřená kritéria. Brainstorming využívá zkušeností týmu. Není vyloučené převzít osvědčená řešení z jiného, podobného projektu, případně čerpat z databáze pro sdílení řešení, tzv. „best practices sharing“. Pravděpodobně se také vrátíme k analýze FMEA, kde jsme pomocí výpočtu RPN identifikovali nejzávažnější potencionální příčiny.

Charakter příčiny problému udává způsob, jakým se volí nápravné opatření. Jedná-li se o leanařské záležitosti, kdy je třeba narovnat procesní toky, organizaci práce, odstranit úzká místa a podobně, jsou voleny úpravy procesních diagramů anebo aplikujeme 5S. Chceme-li odstraňovat variabilitu procesu, je hledáno řešení pomocí brainstormingu nebo některých metod návrhu inovace, např. TIPS (Theory of Innovative Problem Solving).

Implementaci řešení je třeba řídit. Zvoleným nápravným akcím je třeba přiřadit vlastníka a termín plnění akce. Nicméně, s největší pravděpodobností je to vedoucí projektu, kdo se bude zodpovídat vedení ohledně postupu projektu a plnění nápravných akcí. Výhodné je sestavit plán implementace nápravných akcí a zakomponovat do něj i pilotní část pro ověření vhodnosti řešení před nasazením do produkce, např. Ganntův diagram zobrazený na obrázku 12. [1], [3], [4]

Plánovač projektu



Obr. 12) Ganntův diagram

Mnoho nástrojů a aktivit používaných ve fázi „zlepšuj“ bylo popsáno už v předchozích fázích. Některé se přenáší z fáze analýzy a tvoří se k nim akční plán (FMEA, Ishikawa), jiné se upravují (procesní toky, layouty). Nástroje, které jsme ještě nezmínili, jsou 5S a TIPS, respektive TRIZ.

5S metoda je leanařský nástroj, který se používá k optimalizaci prostředí, úspoře materiálu, pohybu, času, místa a prevenci chyb. Vznikl v Japonsku, v tehdejší Toyotě z potřeby obnovení hospodářského růstu po 2. světové válce. Každé „S“ znamená v japonštině slovo a pětice „S“ udává v podstatě metodologii, jak 5S implementovat na pracoviště:

- Seiri (Třídění) – odstranění všeho co na pracoviště nepatří nebo nemá využití (zastaralá dokumentace, redundantní nástroje, vadné nástroje, odpad...),
- seiton (Umístění) – uložení věcí tak, aby nejčastěji používané byly nejbližší,

- seiso (Úklid) – úklid pracoviště, odstranění prachu, odpadků, vytvoření plánu úklidu a přiřazení zodpovědností,
- seiketsu (Standardizace) – zapracování předchozích činností do pracovních instrukcí nebo pracovních řádů,
- shitsuke (Udržení) – Zavedení a realizování pravidelných kontrol dodržování 5S.

Na základě vývoje a dalších potřeb se k 5S přidala další „S“, která jsou ve firmách aplikována různým způsobem – Safety, Security, Satisfaction [1].

TIPS, jejíž název je odvozen z ruského TRIZ, je metoda určená k vyhledávání inovačního řešení a je metodicky navržena tak, aby stimulovala myšlení jednotlivce a odprostil ho od tunelového myšlení. Oproti brainstormingu přichází s méně nápady, ale zato s kvalitnějšími. Metoda se opírá o tvrzení, že opakující se problémy mají podobná řešení. [12], [13]

5.2.5 Control (Řízení)

Poslední fáze „řízení“ není pouze o rekapitulaci návratnosti projektu, ale o zabezpečení stálosti zlepšovatelských aktivit a výsledků. Aby se proces nedostal zpět do starých kolejí, musí se nastavit mechanismy, které ho budou kontrolovat a případně vracet do požadovaného stavu a stabilizovat.

Vhodným zajištěním procesu proti chybám je již dříve zmiňovaná technika Poka-yoke. Je neoddiskutovatelnou výhodou chybám předcházet, než je kontrolou odchylovat a přepracovávat.

Kromě snahy o Poka-yoke řešení se proces musí řídit. Navrhne se plán řízení a kontroly, který definuje, co je konkrétně třeba měřit. Kromě výkonnosti výstupů Y je vhodné se zaměřit a definovat měřítka proaktivních vlivů X. Poslouží nám matematické metody SPC, které jsme již dříve využili ve fází měření (regulační diagram a způsobilost procesu). Srovnává se stav před zlepšením a stav po zlepšení, zasahuje se v případě nutnosti.

Zlepšovatelské aktivity se musí vhodně standardizovat. Standardizace se obecně provádí detailním popsáním zlepšovatelských aktivit v dokumentaci, která je řízeně distribuovaná a aktualizovaná ve společnosti. Dokumentace může sloužit jako materiál pro školení, které je nedílnou součástí standardizace. Aby bylo zajištěno stále povědomí, zahrnou se kritické postupy do plánu auditů.

Pokud je zaveden plán řízení, standardizace je úspěšně zvládnutá a proces je stabilní, předáme jej vlastníkovvi, který přebírá veškeré zodpovědnosti za sledování nově nastavených měřítek a přebírá zodpovědnost za jejich výkonnost.

Posledním krokem je bilance zhodnocení zlepšovatelského projektu. Kromě prezentace výsledků nastavených měřítek procesu společnost neodmyslitelně zajímá finanční přínos projektu. [3], [4]

Ocitli jsme se na konci cyklu DMAIC a zhodnotili dopad projektu. Přesto, přínos projektu není u konce. Projekty se archivují a pomocí databáze projektů se jejich průběh sdílí s ostatními pobočkami nebo odděleními pro inspiraci nebo jako návod k řešení problémů.

6 SIX SIGMA VE FIRMĚ SANMINA-SCI CZECH REPUBLIC S.R.O

Praktickou aplikaci metodologie Six Sigma popisují ve společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o, ve které momentálně pracují již od roku 2005, nyní na pozici inženýra kvality. Program je nazýván Lean Six Sigma a vzešel ze Sanmina Corporation, což je mateřská pobočka. Sanmina je americká společnost, která se zabývá elektronickou výrobou, návrhem a vývojem, službami v oblasti zásobování, zaváděním nových produktů, logistikou a opravami. Sanmina vyrábí některé z nejvíce komplexnějších a inovativních optických, elektronických a mechanických produktů na světě. Společnost je certifikována mnoha průmyslovými standardy, jako je ISO9001, Defense & Aerospace, Automotive, Medical, Telekomunikační standardy a jiné. Sanmina byla založena roku 1980 Jure Solem a Milanem Mandaricem, oba Srbové. Vedení společnosti se nachází v San Jose, Californii. Ve společnosti pracuje asi 44 000 zaměstnanců a její pobočky se nacházejí ve 25 státech světa.

Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o v Brně je lokalizovaná v Technologickém Parku. Poskytuje zákaznický servis elektronických zařízení. Zaměstnává přibližně 500 zaměstnanců a podporuje pobočky v Africe, Anglii a na středním východě.

Každá úspěšná firma musí mít zavedenou kulturu neustálého zlepšování a v Sanmině, která má sídlo také v Brně, je program Lean Six Sigma jeho neodmyslitelnou součástí. Na následujících řádcích bude popsán Lean Six Sigma program, který je platný ve všech pobočkách.

Cíle Lean Six Sigma programu ve společnosti Sanmina jsou:

Zapojení zaměstnanců – lidé mají většinou dobré nápady a sami vědí nejlíp, jak udělat věci lepší. Mají detailní povědomí o procesech, na kterých pracují. Je třeba jim dát šanci se projevit a realizovat.

K učinění rozhodnutí používat analýzu podpořenou daty – kdekoliv je to možné, společnost chce dělat rozhodnutí na základě dat.

Minimalizovat ztráty – porozuměním toku hodnot, ztráty mohou být identifikovány a minimalizovány

Zlepšit konkurenceschopnost a ziskovost – díky vhodnému výběru projektů můžeme zefektivnit procesy a vylepšit jejich konkurenceschopnost zlepšením produktivity, mimořádnou dobou odezvy a flexibility.

Lean & Six Sigma definice

Lean je o minimalizování všech forem ztrát. Lean společnost používá všeho méně. Six Sigma je o redukování odchylek. To poskytuje vylepšenou jistotu výstupu procesů. Six Sigma je také strukturovaný postup řešení problémů (DMAIC) používaný k řízení zlepšení. Kombinací Lean a Six Sigma myšlení získáváme maximum ze zlepšovateľského programu.

Lean Six Sigma role a zodpovědnosti

Role a zodpovědnosti jsou v Sanmině rozděleny dle rozsahu zodpovědností na urovně korporátní, divizní a závodní a dle rozsahu znalostí jednotlivých rolí.

Korporátní šampión (Corporate Champion) má za úkol nastolit vizi programu a budovat vazby napříč společnostmi. Předsedá Lean Six Sigma radě. Certifikuje Master Black Belty.

Asistuje divizním a závodním šampionům. Spravuje korporátní Lean Six Sigma webové stránky.

Korporátní Lean Six Sigma rada (Corporate Lean Six Sigma Council / Master Black Belts) rozvíjí a implementují strategii pro úspěšný chod Lean Six Sigma programu. Tvoří Lean Six Sigma školicí materiál a autorizují trenéry ve společnosti. Informují o stavu školení, certifikací a projektů.

Divizní řídicí komise (Division Steering Comitee) iniciuje a koordinuje projekty na základě korporátních cílů. Zajišťuje, že priority jsou projektům nastaveny a že jsou k dispozici potřebné zdroje k úspěšnému dokončení projektů. Jedná se závodními šampiony a podporuje je v realizaci projektů.

Divizní šampion (Division Champion) zajišťuje zaměstnance, kteří budou součástí rady pro Lean Six Sigma na divizní úrovni. Asistuje závodům v jejich divizi připravovat vyhodnocení projektů a sdílí poznatky ostatním divizím, tzv. best practices sharing.

Závodní Lean Six Sigma řídicí komise (Plant Steering Committee / Lean Six Sigma Office) obvykle zahrnuje ředitele závodu a ostatní managery, včetně zástupce finančního oddělení. Podobně jako divizní komise i závodní komise zajišťuje prioritu a zdroje probíhajícím projektům a přímo podporuje leadery projektů.

Závodní šampion (Plant Champion) je člen závodu, často i člen závodní řídicí komise s pověřením a vlivem řídit změny. Určuje požadavky na školení v závodě a reportuje je interně i korporátní Lean Six Sigma radě. Pomáhá lídrům projektů odstraňovat překážky, mentorují je a je jejich spojení s Lean Six Sigma komisí.

Závodní zástupce finančního oddělení (Plant Finance Representative) zkoumá finanční přínos projektů.

White Belt je osoba, která spolupracuje na kaizenech/projektech a podává návrhy na zlepšení. V Sanmině je nastaven cíl, který stanovuje, že všichni zaměstnanci dosahují této úrovně školení.

Yellow Belt může vést a spolupracovat na kaizenech/projektech, kde znalost základních statistických nástrojů není vyžadována. 40 % pracovníků společnosti Sanmina by mělo dosahovat této úrovně.

Blue Belt/Lean Specialist je podobné charakteristiky jako Yellow Belt, ale zaměřen na Lean implementaci. Sanmina požaduje 20 % zaměstnanců Blue Belt úrovně.

Green Belt instruuje a mentoruje Yellow a Blue Belty. Vede a spolupracuje na kaizenech/projektech, kde znalost základních statistických nástrojů je potřeba. Mohou být pověřeni vést školení Yellow a Blue Beltů. Cíl Sanminy je mít 10 % zaměstnanců na této úrovni.

Black Belt instruuje a mentoruje Green, Yellow a Blue Belty. Vede a spolupracuje na složitých kaizenech/projektech. Pomáhá týmu vybírat a používat správné nástroje včetně složitějších statistických analýz. Může současně vykonávat roli Lean Six Sigma šampiona ve svém závodě. Cíl pro tuto pokročilou úroveň je 1 % z počtu zaměstnanců.

Master Black Belt školí, instruuje, mentoruje všechny úrovně Lean Six Sigma vzdělání ve společnosti. Reviduje projekty závodů a vyhodnocuje jejich nejen finanční přínos.

Úrovně školení

Sanmina udržuje seznam autorizovaných Lean Six Sigma školitelů na svých webových stránkách. Někdy je zvoleno externí školení. Školení nemá žádnou časovou lhůtu zániku a být zaškolen znamená, že kandidáti musí:

White Belt – dokončit školící modul Lean Six Sigma Overview a krátká White Belt zkouška.

Yellow Belt – dokončit dalších 10 školících modulů pokrývajících základní Lean nástroje a jednoduché nástroje pomáhající řešit problémy (Lean Concepts & Implementation, Introduction to 5S & Visual Management, Theory of Constraints, Introduction to Visual Stream Mapping, Lean Factory Exercise, 8D Corrective Actions, Cause & Effect Analysis, Process FMEA, Control Plans, Project & Kaizen Reporting). Součástí školení je krátký test na konci každého modulu a závěrečná Yellow Belt zkouška.

Blue Belt / Lean Specialist – dokončit dalších 10 školících modulů zahrnujících nástroje implementace Leanu (Project Metrics & Value, Set-up Reduction, Mistake Proofing, Value Stream Mapping Application, Kanbans & Supermarkets, Operation Balancing, Lean Product Preparation Process, Total Productive Maintenance, Standard Work, Kaizen Events), krátký test na konci každého modulu a závěrečná Lean Specialist zkouška.

Green Belt – dokončit dalších 10 modulů zahrnujících statistickou teorii a nástroje (The DMAIC Process, Introduction to Minitab, Basic Statistics, Yield analysis, Process Capability Analysis, R&R Studies, Introduction to Significance Testing, Control Charts Basic Concepts, Simple Linear Regression, ANOVA), domácí úkol pro každý modul a závěrečná Green Belt zkouška.

Black Belt – dokončit dalších 16 modulů zahrnujících pokročilejší statistickou teorii a nástroje (Critical Thinking, Project Value Worksheet Examples, Permutations & Combinations, Attribute Sampling, Multiple Regression, Full Factorial Designs, Queuing Theory, Control Charts Advanced Applications, Measurement System Analysis, Nonparametric Test, Project Management, Chi Square Tests, Probability Models, Applied Statistics, DOE Introduction, Complete Bock Design, 2k Design, 2k Fractional Design, ANSI Sampling Plans, Reliability Analysis), domácí úkol z každého modulu a 4 souhrnné Black Belt zkoušky.

Výběr kandidátů ke školení

Kandidáti na školení by měli být nominováni na základě jejich předpokladů dokončit certifikaci. Dokáží vést zlepšení ve všech oblastech společnosti. Dále jsou některá obecná vodítka:

White Belt – je cílem vyškolit všechny zaměstnance.

Yellow a Blue Belt kandidáti – měli by být schopni dobře pracovat s lidmi jako součást projektového týmu a být ochotni se učit novým nástrojům pro řešení problémů a implementaci Lean.

Green Belt – měl by mít vybraný vhodný projekt, na kterém bude demonstrovat znalost nástrojů a technik. Měl by dosahovat základních znalostí středoškolské statistické matematiky a být zdatný v práci s počítačem, prostředí Windows, Word, Excel a být ochotný se naučit práci s dalšími programy pro statistické výpočty a analýzy, např. s Minitabem.

Black Belt – musí být certifikovaný Green Belt, zdatný ve statistické matematice nejlépe vysokoškolské úrovně, ovládat schopnost vedení týmu a lidí a mít pozitivní postoj a schopnost mentorovat a vést ostatní členy týmu.

Certifikace

Certifikace je uznání schopnosti kandidáta vést a úspěšně dokončit projekt s významným přínosem Sanmině a použitím naučené metodologie a nástrojů. Certifikace je stejně jako školení časově neomezená. K certifikaci je nutné mít dokončené školení, zkoušky a splnit následující požadavky:

- White Belt – stačí školení a zkoušky, není třeba demonstrovat další dovednosti,
- Yellow Belt – vést minimálně jeden kaizen se součtem hodnot minimálně 2.000 \$,
- Blue Belt - vést minimálně jeden Kaizen se součtem hodnot minimálně 10.000 \$,
- Green Belt - vést minimálně jeden projekt se součtem hodnot minimálně 50.000 \$,
- Black Belt - vést minimálně dva projekty se součtem hodnot minimálně 250.000 \$ včetně jednoho projektu demonstrující pokročilou znalost statistických nástrojů,
- Master Black Belt – poskytnout školení a technickou podporu projektovým týmům a svěřeným závodům nebo divizím. Revidovat a uzavřít projekty za 2.000.000 \$.

Projekt vs. Kaizen

Některé zlepšovateľské záměry jsou nazývány „Kaizen“. Jedná se typicky o projekty malého rozsahu, taktéž nazývané „quick win“. Při Kaizenu může stačit definovat problém, udělat zlepšení a nějakým způsobem měřit výsledek. Nejjednodušší Kaizen může být zavedení 5S na pracovišti a demonstrování výsledku fotografií před zlepšením a po něm. Není třeba analýzy.

Projekty mají obvykle větší rozsah. Následují metodologii DMAIC a musí obsahovat analýzu vymezující kořenovou příčinu problému. Pokud ve zlepšovateľském záměru není třeba analýzy k určení příčiny, jedná se o Kaizen. Finanční hodnota projektu nemá vliv na klasifikaci projektu nebo Kaizenu. Projekt většinou obsahuje procesní mapy, FMEA, diagram příčin a následků (Ishikawův diagram) a aplikaci statistických nástrojů jako jsou R&R analýza, process capability analýza, regulační diagramy, Design of Experiment, atd. Projekt report by měl obsahovat minimálně dva nástroje v každé fázi a je logicky většího rozsahu než Kaizen report.

Hodnota projektu

Hodnota projektu je definovaná jako rozdíl očekávaných nákladů a skutečných nákladů, kde očekávané náklady jsou kalkulovány dle stavu před zlepšením a aktuální náklady jsou kalkulovány dle podmínek po zlepšení. Hodnota projektu je kalkulována za období 12 měsíců a pro kalkulaci jsou použity podmínky po zlepšení. Pro zhodnocení celého období není třeba čekat všech 12 měsíců, nicméně, finální hodnota je vždy vyhodnocena po uplynutí této doby. Ne všechny projekty mají finanční přínos, respektive, ne vždy se dá finanční přínos spočítat. To ale neznamená, že projekt nemá přidanou hodnotu.

Hodnota projektu je reportovaná v následujících třech kategoriích:

Prímá úspora (hard value) – finanční hodnota projektu přímo přispívá konečnému součtu nákladů nebo příjmů. Může se jednat o redukci skrepu, o snížení nákladů za materiál nebo dopravu nebo získání nového businessu následkem projektu.

Nepřímá úspora (soft value) – hodnota projektu nemá přímý vliv na náklady nebo příjmy společnosti. Typickým příkladem může být redukce pracovních hodin, přepravního času nebo úspora místa, např. skladovacích prostor.

Jiná úspora (other value) – benefit, který nepočítáme v dolarech. Typickým příkladem je zvýšení zákaznické spokojenosti nebo času doručení.

V některých případech je v rámci projektu nutno investovat nějaké finance např. pořízení potřebného zařízení. V takovém případě se pořizovací cena vydělí počtem let jeho životnosti a roční náklad se odečte od přímé úspory projektu.

Požadavky na revizi a hodnocení projektů

Master Black Belt reviduje veškeré projekty.

Zástupce financí reviduje projekty, pokud je to požadované závodem, divizí, Master Black Beltem nebo kde je přímá úspora ≥ 50.000 \$.

Ředitel závodu reviduje projekt, pokud je to požadováno závodem nebo divizí.

Korporátní Lean Six Sigma šampión reviduje projekty, pokud je to požadované závodem nebo divizí, Master Black Beltem nebo pokud přímá úspora ≥ 500.000 \$.

Validace hodnoty projektu

Všechny projekty s hodnotou 500.000 \$ a více mohou být předmětem k validaci. Po roce jsou použita skutečná data a porovnána s uvedenou hodnotou projektu. Výsledek validace je poté součástí ročního Lean Six Sigma reportu.

Databáze projektů a kaizenů

Sanmina má centrální databázi pro zaznamenávání všech projektů. Závody zde mohou iniciovat projekt, včetně definování použité metriky, upravit status projektu, v jaké fázi se nachází nebo zde lze projekt zrušit. Uzavřít projekt a stanovit jeho hodnotu může jen autorizovaný člen Lean Six Sigma programu.

Závod roku – soutěž

Korporátní Lean Six Sigma komise pořádá každý rok soutěž mezi závody. Závod, který nasbírá největší počet bodů, získává titul „Závod roku“. Závod v Brně jej získal roku 2018 a 2016. Soutěž je organizována, aby stimulovala závody k plnění nastavených cílů Lean Six Sigma programu Sanminy, které pro rok 2019 jsou:

- Každý závod bude mít minimálně jeden nápad na osobu (quick win),
- hodnota všech projektů bude 2.4M \$,
- každý zaškolený „Belt“ se bude podílet na nějakém projektu,
- každý závod musí udržovat plán školení,
- závody musí pravidelně reportovat své výkony v oblasti programu Lean Six Sigma.

Závody jsou rozděleny dle velikostí:

- Malý/střední závod – závod s méně než 150 zaměstnanci,
- velký závod – závod s více jak 150 zaměstnanci.

Kategorie soutěže:

- Generování nápadů – maximální počet bodů je přidělen, pokud každý zaměstnanec vygeneruje alespoň jeden nápad,

- zapojení „Beltů“ – maximální počet bodů za motivaci vyškolených „beltů“ ke spolupráci nebo vedení projektů,
- reportování – maximální počet bodů je za včasné reportování Lean Six Sigma aktivit a za pravidelné generování nápadů a uzavírání projektů,
- hodnoty projektů – maximální počet bodů za určitý počet uzavřených projektů a za určitou finanční hodnotu projektů,
- školení – body za kompletní zpracování a údržbu plánu školení dle korporátní šablony,
- výsledky 5S – body dle výsledku 5S auditů. [9], [10]

7 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Předkládaná bakalářská práce byla zaměřena na metodologii Six Sigma v průmyslu a byla vytvořena v rámci firmy Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.

V bakalářské práci bylo obecně pojednáno o metodologii Six Sigma. Byla objasněna definice metodologie Six Sigma, rozdíl mezi Six Sigma a principy Lean. Dále byl vysvětlen význam slovního spojení Six Sigma.

Byl uveden vznik metodologie Six Sigma a její vývoj z hlediska propojení s principy Lean, kdy se propojily v jednu metodologii Lean Six Sigma. Využití Six Sigmy bylo objasněno v širším pojetí pozitivních přínosů pro firmy.

Následující kapitoly popsaly různé modely – cykly aplikace Six Sigmy a zaměřily se na podrobnější popis cyklu DMAIC, u kterého je detailněji rozebrán význam jednotlivých fází a byly popsány nástroje, které lze v jednotlivých fázích použít.

Poslední část bakalářská práce byla věnována popisu Lean Six Sigma programu ve společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o, který je pochopitelně platný a zaveden i v ostatních pobočkách společnosti Sanmina Corporation.

Bylo patrné, že nastavené cíle programu společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o jsou ve shodě s cíli Six Sigmy tak, jak bylo popsáno v kapitolách 3 a 4. Stejně tak pojetí a pochopení vymezení názvů Six Sigma, Lean a Lean Six Sigma, je shodné.

Program Six sigma vyžaduje jasné vymezení rolí a zodpovědností, což je ve společnosti Sanmina podrobně popsáno a aplikováno. Na složitosti přidává rozdělení dle úrovně mezi závody (členění na závody, divize, korporát).

Společnost Sanmina jasně vymezuje požadavky na školení jednotlivých úrovní Six Sigma vzdělání a definuje požadavky na školení a podmínky udělení certifikace, která kromě školení uznává i dovednosti použití jednotlivých nástrojů.

Společnost Sanmina každý rok reviduje a reportuje konkrétní cíle, které musí být splněny ve všech pobočkách a pro motivaci jednotlivých závodů vytvořila soutěž „závod roku“. Bodový stav soutěže je v Brně bedlivě sledován.

Přestože Six Sigma program je v Sanmině kvalitně zaveden a je na vysoké úrovni, zmínil bych dvě slabá místa. První se týká neanglicky mluvících závodů. Většina školení a projektové podpory jsou v anglickém jazyce. Přes znalosti anglického jazyka projektových vedoucích, může docházet k desinformacím při školení nebo při demonstrování dovedností práce s nástroji. Druhé se týká zaměření projektů na Green Belt kandidáty a slabá motivace pro realizování projektů již certifikovanými Green Belty.

Poohlédnu-li se k deklarovaným cílům bakalářské práce, musím konstatovat, že cíle byly splněny.

Bakalářská práce mi osobně přinesla větší přehled v dané tematice. Přestože jsem certifikovaný Green Belt, našel jsem v knihách mnoho nových informací. Bylo by přínosné se Six Sigmou nadále zabývat nejen v praxi, ale i ve studijních aktivitách, případně pokračovat v tomto tématu v diplomové práci.

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce představila metodologii Six Sigma jako jednu z alternativ systémů nebo metodologií pro zlepšování procesů. Bylo podrobněji popsáno, co Six Sigma znamená, její vznik, historie, vývoj a využití. Dále bylo pojednáno o různých metodách aplikace Six Sigma a byla podrobně popsána metoda DMAIC, která je nejčastěji používána. V posledních kapitolách byl zhodnocen Six Sigma program ve společnosti Sanmina-SCI Czech Republic s.r.o.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a complexity*. Brno: SC&C Partner, 2010. 280 s. ISBN 978-80-904099-2-7
- [2] GEORGE, Michael L. *Co je Lean Six Sigma?*. Brno: SC&C Partner, c2005. 95 s. ISBN 9788023951721
- [3] MILLER, Ivan. *Kapesní příručka Six Sigma*. 2. vyd. Praha: Interquality, 2011. 148 s. ISBN 978-80-902770-7-6.
- [4] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. 232 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0
- [5] PANDE, Peter S., Robert P. NEUMAN a Roland R. CAVANAGH. *Zavádíme metodu Six Sigma, aneb, Jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Brno: TwinsCom, c2002. 416 s. ISBN 80-238-9289-4.
- [6] *Zdravý rozum* [online]. 2017. [24.4.2019]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org>
- [7] *ISO 9001* [online]. [24.4.2019]. Dostupné z <http://www.iso.cz>
- [8] KARPÍŠEK, Zdeněk: *Matematika IV. Pravděpodobnost a statistika*. Učební text FSI VUT v Brně. Akademické nakladatelství CERM: Brno, 2003. ISBN 978-80-214-4858-2
- [9] Sanmina [online]. *QAT-0096-C-LSS-Guidelines*. 2016. [24.4.2019]. Dostupné z <https://sanminanet.sanmina.com/departments/quality/corporate-/qats>
- [10] Sanmina [online]. *QAT-0130_Rev_B_LSS_Training_Needs_and_Plan* 2016. [24.4.2019]. Dostupné z <https://sanminanet.sanmina.com/departments/quality/corporate-/qats>
- [11] *Analýza rozptylu* [online]. 2018. [28.4.2019]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org>
- [12] *TRIZ* [online]. 2018. [1.5.2019]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org>
- [13] *Co je triz* [online]. 2016. [2.5.2019]. Dostupné z <http://www.triz.cz>
- [14] *Metoda MoSCoW a model KANO* [online]. 2016. [20.4.2019]. Dostupné z <http://m.systemonline.cz/>
- [15] Sanmina [online]. *QAT-0026-C-Value-Stream-Map*. 2016. [24.4.2019]. Dostupné z <https://sanminanet.sanmina.com/departments/quality/corporate-/qats>

10 SEZNAM ZKRATEK, TABULEK A OBRÁZKŮ

10.1 Seznam zkratek

DMAIC – Define, Measure Analyze, Improve, Control

TQM – Total Quality Management

PDCA – Plan, Do, Check, Act

DPMO – Defect per Milion Opportunities

PDSA – Plan, Do, Study, Act

DMADV – Define, Measure, Analyze, Design, Verify

DMEDI – Define, Measure, Explore, Develop, Implement

SCORE – Select, Clarify, Organize, Run, Evaluate

DFSS – Design For Six Sigma

DFLSS – Design for Lean Six Sigma

CTQ – Critical to Quality

CTP – Ctitical to Process

SIPOC – Suppliers, Input, Proces, Output, Customers

R&R – Repeatability and Reproducibility

CL – Central Line

UCL – Upper Control Limit

LCL – Lower Control Limit

SPC – Statistic Process Control

USL – Upper Specific Limit

LSL – Lower Specific Limit

FMEA – Failure Mode and Effect Analyses

FMECA – Failure Mode and Effect and Criticality Analyses

ANOVA – Analyses of Variances

TIPS – Theory of Innovative Problem Solving

TRIZ – теория решения изобретательских задач

DOE – Design of Experiment

ANSI – American National Standards Institute

LSS – Lean Six Sigma

10.2 Seznam tabulek

Tab 1) Převod Sigma na DPMO a Yield	19
Tab 2) Vývoj Six Sigma	21
Tab 3) Rozdíl DMAIC a DMADV	25
Tab 4) Zadání projektu	26
Tab 5) SIPOC	28
Tab 6) Převod Cpk na DPMO	35

10.3 Seznam obrázků

Obr. 1) Kano model [14]	27
Obr. 2) Dráhový diagram.....	28
Obr. 3) Spaghetti diagram	29
Obr. 4) Mapa hodnotového toku [15]	29
Obr. 5) Průběhový diagram	32
Obr. 6) Regulační diagram	33
Obr. 7) Způsobilost procesu	34
Obr. 8) Krabicový diagram.....	35
Obr. 9) Paretův graf.....	37
Obr. 10) Ishikawův diagram.....	37
Obr. 11) Analýza rozptylu - Two Way ANOVA	39
Obr. 12) Ganntův diagram.....	40